

Petteri Piispa

# Putkistosuunnittelu osana laitosinvestointiprojektia

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
25.2.2011

Tämä insinööriyö tehtiin Neste Jacobs Oy:lle. Erityisesti haluan kiittää työn ohjaajaa laitossuunnitteluosaston johtaja Teppo Kainulaista mahdollisuudesta työn tekemiseen sekä työn aikana antamistaan neuvoista ja ideoista. Haluan myös kiittää työn ohjaajaa Lehtori Pekka Salosta asiantuntevista neuvoista. Lisäksi haluan kiittää Neste Jacobs Oy:n laitossuunnitteluosaston henkilökuntaa saamastani tuesta. Haluan kiittää myös Pauliina Tiaista tuesta ja avusta työn tekemisen aikana.

Helsingissä 14.2.2011

Petteri Piispa

Tekijä Otsikko	Petteri Piispa Putkistosuunnittelu osana laitosinvestointiprojektia
Sivumäärä Aika	51 sivua + 1 liite 25.2.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	tuotantotekniikka
Ohjaajat	Head of Plant Engineering Teppo Kainulainen Lehtori Pekka Salonen
<p>Insinöörityössä oli tavoitteena selvittää putkistosuunnittelun rajapintoja laitosinvestointiprojektissa lähtötietojen suhteen ja laatia aihepiiristä opas nuorelle suunnittelijalle. Työ tehtiin Neste Jacobs Oy:lle ja sen tekemiseen käytettiin lähdeaineistona NJ:n materiaaleja, kirjallisuutta, AEL:n kurssimateriaaleja ja NJ:n suunnittelijoiden asiantuntemusta.</p> <p>Insinöörityössä tarkasteltiin putkistosuunnittelussa käytettäviä laitossuunnitteluohjelmistoja, kuten Integraphin PDS ja SmartPlant sekä Bentley Systemsin Microstation. Lisäksi esiteltiin putkistosuunnitteluun liittyvät standardit ja painelaitedirektiivin asettamat vaatimukset putkistosuunnittelulle. Työssä käytiin läpi myös laitossuunnitteluprojektin eri vaiheet ajallisesti ja vaiheiden pääasialliset sisällöt. Työn oli tarkoitus antaa lukijalle käsitys laitosinvestointiprojektin vaiheista ja laitoksen putkistosuunnittelun menetelmistä.</p> <p>Lähtötietoja tarkasteltiin insinöörityössä putkistosuunnittelun näkökulmasta. Työssä käsiteltiin putkistosuunnittelun tarvitsemat ja antamat lähtötiedot sekä selvitettiin niiden alkuperät tai kohteet. Lisäksi esiteltiin putkistosuunnittelun tuottamia dokumentteja.</p> <p>Työn lopputuloksena laadittiin kaavio putkistosuunnittelun kautta kulkevien lähtötietojen rajapintojen suhteen. Kaaviota voidaan tulevaisuudessa käyttää apuna projekteissa. Koko työtä voidaan käyttää nuoren suunnittelijan tietolähteenä.</p>	
Avainsanat	putkistosuunnittelu, lähtötieto, PDS, Smartplant, laitosinvestointi, laitossuunnittelu

Author Title	Petteri Piispa Piping Design as a Part of Plant Investment Project
Number of Pages Date	51 pages + 1 appendice 25 February 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Head of Plant Engineering Teppo Kainulainen Lecturer Pekka Salonen
<p>The purpose of this thesis was to clarify the interfaces in plant investment project regarding the input data. The object of the study was to create a guidebook, which clarifies the interfaces between plant design departments and follow-up through the plant design project. Thesis was made in Neste Jacobs Ltd. and the source information were NJ's guides and materials, literature, AEL's course materials and NJ's employee's knowledge.</p> <p>Plant design softwares, such as Integraph's PDS and SmartPlant, Bentley's Microstation and Autodesk's NavisWorks were introduced. In addition major piping design standards and pressure equipment directives' requirements were proposed. The work was intended to give the reader an understanding of plant investment project stages and the plant piping design methods.</p> <p>The input data was treated in the thesis with piping design point of view. The input data that piping design department needs and creates was examined about their origins or targets. The documents that piping design department generates were introduced, too.</p> <p>The final result of the thesis was a diagram about the input data passing through the piping design department. The diagram can be used as a checklist during the plant design projects. The entire thesis can be used for a young designer as a information source.</p>	
Keywords	piping design, input data, PDS, Smartplant, plant investment, plant design

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Putkistosuunnittelu</b>	<b>3</b>
2.1	Määritelmä	3
2.2	Menetelmät	4
2.2.1	PDS, Plant Design System	5
2.2.2	SmartPlant 3D	7
2.2.3	Microstation	9
2.2.4	CaePipe	10
2.2.5	Autodesk NavisWorks	10
2.3	Tiedonhallinta	11
2.4	Standardit	12
2.4.1	SFS-EN 13480: Metalliset teollisuusputkistot	13
2.4.2	Putkiluokkastandardit	15
2.4.3	ASME, American Society of Mechanical Engineers	16
2.4.4	NOS, Neste Oil -standardit	16
2.4.5	GE GAP, GE Global Asset Protection Services	16
2.4.6	Muita olennaisia standardeja	17
2.4.7	Lainsäädäntö	17
2.4.8	TUKES, Turvatekniikan keskus	18
2.5	PED, Pressure Equipment Directive	18
2.5.1	Luokittelu	19
2.5.2	Laatujärjestelmä	20

<b>3</b>	<b>Laitosinvestointiprojekti</b>	<b>22</b>
3.1	Määritelmä	22
3.2	Selvitys	23
3.3	Perussuunnittelu	24
3.3.1	Teknologia	25
3.3.2	Suunnittelun laajuus	25
3.3.3	Kustannukset	25
3.3.4	Turvallisuus- ja ympäristöasiat	25
3.4	Toteutusprojekti	26
3.4.1	Projektin perustaminen	26
3.4.2	Projektisuunnitelman laatiminen	26
3.4.3	Suunnittelu	27
3.4.4	Hankinta	27
3.4.5	Toteutus	28
3.4.6	Projektin luovutus ja sulkeminen	28
<b>4</b>	<b>Putkistosuunnittelun lähtötiedot toteutusprojektissa</b>	<b>29</b>
4.1	Määritelmä	29
4.2	Dokumenttien taso	29
4.3	Lähtötietojen hankinta	30
4.3.1	Suunnitteluosastot	30
4.3.2	Laitetoimittajan lähtötiedot	35
4.3.3	Asiakkaan lähtötiedot	35
4.3.4	Spesifikaatiot	36
4.3.5	Standardit	36
4.3.6	Viranomais määräykset	37
4.3.7	Perussuunnittelun dokumentit	37
4.3.8	Laserkeilaus	38

<b>5</b>	<b>Putkistosuunnittelun antamat lähtötiedot toteutusprojektissa</b>	<b>39</b>
5.1	Määritelmä	39
5.2	Rakennussuunnittelun lähtötiedot	39
5.2.1	Perustusten mitta- ja kuormitustiedot	39
5.2.2	Rakennuksien päämittatiedot	40
5.2.3	Sijoituspiirustukset	40
5.2.4	Muut lähtötiedot	41
5.3	Teräsrakennesuunnittelu	41
5.4	Laite- ja säiliösuunnittelu	42
5.5	Sähkösuunnittelu	42
5.6	Instrumenttisuunnittelu	43
5.7	Dokumenttien kommentointi	43
<b>6</b>	<b>Putkistosuunnittelun tuottamat dokumentit toteutusprojektissa</b>	<b>44</b>
6.1	Putkistoisometrit	44
6.2	Taso- ja leikkauskuvat	45
6.3	Työmäärittelyt	46
6.4	Materiaalienhallinta	46
6.5	Piirustusluettelot	47
6.6	Tarkastukseen liittyvät asiakirjat	47
<b>7</b>	<b>Päätelmät</b>	<b>48</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>50</b>
	<b>Kaavio</b>	
	Layout ja putkistosuunnittelun kautta kulkevat lähtötiedot	

## Lyhenteet

AFC	<i>Approved for Construction.</i> Hyväksytty valmistusta varten.
AFD	<i>Approved for Design.</i> Hyväksytty suunnittelua varten.
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers.</i> Amerikkalainen standardisoimisjärjestö.
CAD	<i>Computer Aided Design.</i> Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CEN	<i>European Committee for Standardization.</i> Euroopan standardisoimisjärjestö.
DNV	<i>Det Norske Veritas.</i> Riippumaton säätiö, joka on auditoinut ja sertifioinut NJ:n laatujärjestelmän.
EHS	<i>Environment, Health and Safety.</i> Ympäristö, terveys ja turvallisuus.
ERP	<i>Enterprise Resource Planning.</i> Toiminnanohjausjärjestelmä.
EY	<i>Vaatimustenmukaisuusvakuutus.</i> PEDin mukainen vakuutus asetetuista vaatimuksista.
FC	<i>For Comments.</i> Kommentointia varten.
GE GAP	<i>GE Global Asset Protection Services.</i> Standardisoimisorganisaatio.
HAZOP	<i>A Hazard and Operability Study.</i> Systemaattinen riskien arviointimenetelmä.
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i> Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
NJ	<i>Neste Jacobs Oy.</i>
NOS	<i>Neste Oil Standard.</i> Neste Oilin standardit.
PED	<i>Pressure Equipment Directive.</i> Painelaitedirektiivi.
PDS	<i>Plant Design System.</i> Integraphin suunnittelujärjestelmä.
SFS	<i>Suomen Standardisoimisliitto.</i>
TUKES	<i>Turvatekniikan keskus.</i> Turvallisuutta valvova virasto.



## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tarkastellaan putkistosuunnittelua ja sen roolia laitossuunnittelun eri projektivaiheissa Neste Jacobs Oy:ssä. Putkistosuunnittelu suoritetaan lähtötiedoista saatujen kriteerien perusteella. Lähtötietoja on monenlaisia, ja projektista riippuen niiden määrä ja taso vaihtelevat. Laitossuunnitteluun osallistuu useita suunnitteluosastoja, jotka tuottavat toisilleen lähtötietoja. Näin ollen rajapintojen niiden välillä tulee olla selviä.

Aloitin työt Neste Jacobs Oy:ssä keväällä 2010. Olen tehnyt putkistosuunnittelutyötä projektissa, jossa uudistetaan mäntyöljytislaamon kuumaöljykiertoa. Projektin aikana on ilmennyt monia ongelmia, jotka liittyvät juuri lähtötietoihin. Niiden puutteellisuus on asettanut omat haasteensa projektin toteuttamisessa. Myös tietämättömyys niiden olemassaolosta on haitannut suunnittelutyötä. Lähtötietojen puuttuminen voi johtua monista asioista. Suunnittelijan on kuitenkin tärkeää tietää, mitä lähtötietoja on tarkoitus käyttää ja mitä milloinkin on saatavissa. Tässä työssä on tavoitteena selvittää putkistosuunnitteluosaston rajapintoja lähtötietojen suhteen laitosinvestointiprojektissa. Työ muodostaa myös käsikirjan nuorelle suunnittelijalle.

Neste Jacobs Oy (NJ) toimittaa vaativia teknologia-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluita öljy-, kaasu-, petrokemian- ja kemianteollisuuden sekä biotekniikan yrityksille. NJ:llä on yli 50 vuoden kokemus teknologiakehityksestä ja investointihankkeiden toteutuksesta eri puolilla maailmaa. Yhtiö työllistää noin 700 henkilöä. Vuonna 2009 yhtiön liikevaihto oli noin 100 miljoonaa euroa. NJ:n omistajat ovat Neste Oil Oyj (60 %) ja Jacobs Engineering Group Inc. (40 %). NJ:n pääkonttori sijaitsee Porvoossa ja muita toimipaikkoja ovat Turku, Kotka, Naantali, Göteborg ja Abu Dhabi.

Suunnittelutoiminnot on NJ:ssä jaettu viiteen osastoon:

- prosessisuunnittelu
- automaatio suunnittelu
- sähkösuunnittelu
- instrumenttisuunnittelu
- laitossuunnittelu.

Nämä suunnittelutoimintoresurssit vastaavat öljy-, kaasu-, ja kemianalan teollisuuden investointihankkeiden ja kunnossapidon suunnittelusta sekä suunnittelun valvonnasta.

## 2 Putkistosuunnittelu

### 2.1 Määritelmä

Putkistoilla on erilaisia käyttötarkoituksia, ja ne voivat olla rakenteeltaan hyvinkin erilaisia. Kaikissa putkistoissa siirtyy kuitenkin aina materiaa. Putkistot yhdistävät laitoksilla säiliöitä, pumppuja, kattiloita, kolonneja ja muita laitoksien osia. Putkistot voidaan jakaa karkeasti teollisuus-, laiva-, kuljetus-, rakennus- ja kotitalousputkistoihin. Tässä työssä käsitellään teollisuusputkistoja, jotka voidaan jakaa prosessi- ja huoltoputkistoihin. Prosessiputkiston käyttötarkoitus on siirtää virtaavia aineita säiliöiden ja prosessiyksiköiden välillä, kuitenkin siten ettei putkistossa tapahdu itse prosessia. Huoltoputkiston tarkoituksena taas on välittää esimerkiksi höyryä, ilmaa tai vettä prosessille.

[1, s. 1.]

Putkistosuunnittelun lähtökohtana on luoda mahdollisimman hyvät suunnitelmat putkistolle, jotta sen rakentaminen onnistuisi sujuvasti ja urakoitsijalla olisi riittävän kattavat dokumentit putkiston toteuttamiseksi. Putkistosuunnittelun osuus jää joskus liian vähälle huomiolle, kun aloitetaan itse laitossuunnitteluprojekti. Putkisto saatetaan nähdä vain välttämättömänä osana laitosinvestointeja, vaikka tosiasiaassa putkistosuunnittelun osuus teollisuusprojektin toteuttamisessa on hyvin merkittävä.

Viranomaiset, asiakas ja laitos asettavat kaikki putkistosuunnittelulle omia rajoituksiaan. Tästä johtuen suunnittelu tehdään usein hyvinkin kädet sidottuina. Toisaalta putkisto valmistetaan käytännössä kokonaan standardiosista, joten sen suunnitteluun löytyy valmiita komponentteja. Putkistosuunnittelussa ei myöskään ole tarkoituksenmukaista hakea visuaalisesti hienoja kokonaisuuksia, vaan ajatella putkistoa huollon ja ylläpidon näkökulmasta. Putkistosuunnittelijan tavoitteena on prosessin kannalta toimiva laitos, taloudellinen asennus ja tyytyväinen loppuasiakas.

Putkistosuunnittelijan rooli on melko tärkeä ja vastuullinen laitossuunnitteluprojektissa. Kuten aiemmin todettiin, putkisto yhdistää laitteet laitoksissa, joten putkistosuunnittelija on yhteinen tekijä myös kyseisten laitteiden toimittajien välillä. Putkistosuunnittelijal-

ta vaaditaan laajaa asiantuntemusta, kun otetaan huomioon keskustelut asiakkaan edustajien, laitetoimittajien, viranomaisten, tarkastajien ja huoltohenkilökunnan kanssa. [2, s. 1; 3, s. 303.]

## 2.2 Menetelmät

Putkistosuunnittelu toteutettiin ennen käsinpiirtämällä. Nykyään se toteutetaan tietokoneavusteisten 2D- tai 3D-mallinnusohjelmien avulla, jolloin suunnittelu tehostuu merkittävästi. Suunnittelijan on kuitenkin hyvä osata piirtää myös käsin, koska putkistoista joudutaan usein tekemään myös luonnoksia paperille. Käsin tehtyjen piirustusten perusteella putkistot mallinnetaan tietokoneella.

Laitoksista voitiin tehdä myös pienoismalleja, jotka havainnollistivat laitospuolesta. Pienoismalleista saatettiin ottaa myös laserkuvia, joista saatiin kätevästi 2D-piirustukset. Joidenkin mielestä pienoismallit olivat havainnollisempia kuin 3D-tietokonemallit. Kuvassa 1 on pienoismalli lämmönvaihtimesta putkistoinen ja kuvassa 2 on sama kohta rakennettuna laitoksella. 3D-tietokonemallit ovat syrjäyttäneet pienoismallien käytön laitoksen hahmottamistyökaluna. [4, s. 13.]



Kuva 1. Pienoismalli lämmönvaihtimesta putkistoinen.



Kuva 2. Kuvassa 1 esitetty lämmönvaihdin rakennettuna.

NJ:ssä laitosten 3D-suunnittelussa käytetään *Integrath Incin* kehittämiä suunnittelujärjestelmiä: *Plant Design Systemiä (PDS)* sekä *SmartPlant*-ohjelmistokokonaisuutta. Piirto-sovelluksissa ja 2D-mallinnuksessa käytetään pääasiassa *Bentley Systemsin Microstation*-ohjelmaa. Lisäksi käytetään muita yksittäisiä ohjelmia. Laskennassa käytetään *CaePipe*-ohjelmaa ja dokumenttienhallinnassa *Kronodocia* ja *ProjectWiseia*. Toiminnanohjausjärjestelmänä käytetään *REPROa*, joka on Tietoenatorin Lean-järjestelmästä räätälöimä ohjelma.

### 2.2.1 PDS, Plant Design System

*Plant Design System* on *Integrath Incin* tietokantapohjainen suunnittelujärjestelmä, jonka avulla suunnitellaan prosessilaitoksia. *PDS*-ohjelmistojärjestelmä sisältää eri suunnittelualojen moduuleita laitossuunnittelun pohjalta. Ohjelmisto suunniteltiin alun perin *Unix*-käyttöjärjestelmälle 80-luvun alkupuolella, mutta 90-luvun puolivälissä siitä kehitettiin *Windows*-käyttöjärjestelmällä toimiva versio.

*PDS*:llä luodaan 3D-malli tulevasta laitoksesta. Laitoksen putkistosuunnittelussa käytetään *Piping Designer* -moduulia. 3D-mallille tehdään erilaisia tarkasteluita, kuten törmäystarkastelu. Ohjelmalla saadaan myös tarkat tiedot erilaisista komponenteista ja

putkiston asennusvaiheessa tarvittavista materiaalmääristä. Ohjelmalla tuotetaan laitoksesta erilaisia dokumentteja, joita sitten käytetään laitoksen toteutuksen suunnitteluun ja rakentamiseen. Laitossuunnitteluohjelmiston avulla saavutetaan monia etuja. Suurien dokumenttimäärien julkaiseminen helpottuu ja virheiden määrä vähenee. Lisäksi dokumenttien muutosten hallinta on helpompaa, kun ne tehdään 3D-malliin. Myös muutetut dokumentit pystytään näin helpommin generoimaan uudestaan.

*PDS*:stä tuotetaan esimerkiksi seuraavanlaisia dokumentteja:

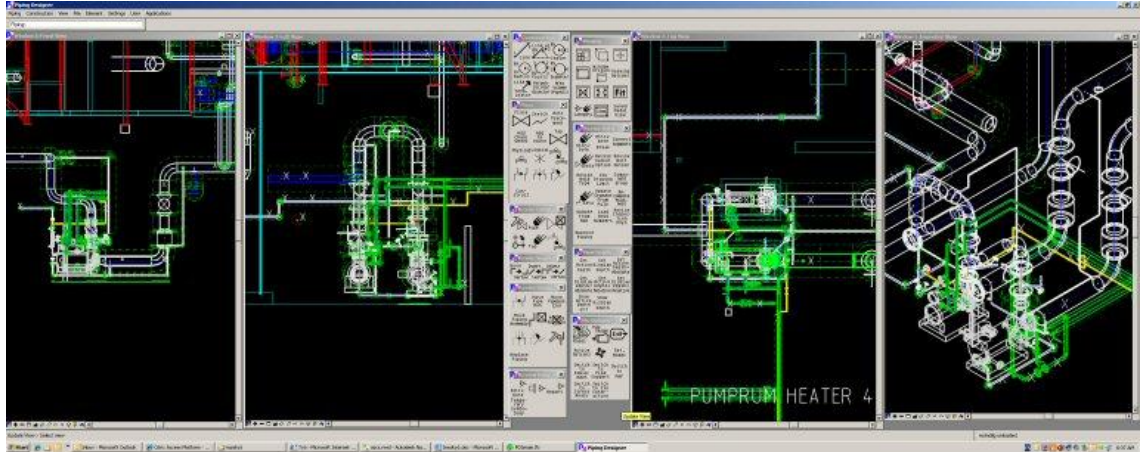
- isometrisiä putkistopiirustuksia
- taso- ja leikkauskuvia
- laitesijoituspiirustuksia
- materiaalilistoja.

Kuvassa 3 näkyy *PDS*:n putkistosuunnittelunäkymä, jossa kuvataan kahta pumpppua neljästä eri suunnasta. Ohjelmassa luodaan putkistolle segmenttiä eli keskilinjaa, johon syötetään tietoja putken koosta, materiaalista, eristyksestä ja lämpösaatosta. Sen jälkeen segmentille lisätään kuoret eli putken oikea koko. Putkiston mahdollinen eristys näkyy myös mallissa oikeankokoisena, jolloin sen vaatima tilanvaraus on helpompi huomioida. Lisäksi putkistoon voidaan liittää venttiileitä, kartioita, laippoja, mittareita, kannakkeita tai muita komponentteja.

Projektissa käytetään yleensä useampaa mallia, joihin laitoksen eri osat, kuten laitteet, teräsrakenteet, vanhat putkistot ja uudet putkistot jaetaan. Jaottelu eri malleihin on kannattavaa, koska yhdessä mallissa voi työskennellä vain yksi henkilö kerrallaan. Erottelu eri malleihin helpottaa myös työskentelyä ja havainnollistaa uusien putkistojen osuutta, kun uudet materiaalit ovat omassa mallissaan. Yleensä suunnittelutyöhön osallistuu useita henkilöitä, jolloin suunnittelutyötä tehdään samaan aikaan eri malleissa. Tarpeen vaatiessa putkistoja voidaan kopioida melko vaivattomasti mallista toiseen.

Toiset mallit näkyvät käyttäjälle referenssinä. Suunnittelutyön aikana referenssinä oleviin laite-, teräs tai putkistomalleihin voidaan liittyä uudella putkistolla. Yksittäinen käyttäjä voi työskennellä useammassa mallissa kerrallaan, mutta se ei ole kannattavaa, sillä jokainen istunto vaatii lisenssin. Laitteiden mallinnus tapahtuu *PDS*:n *Equipment Mode-*

*ling* -moduulilla ja teräsrakenteet, perustukset sekä muut rakennukset mallinnetaan usein *TEKLA*-ohjelmistolla.



Kuva 3. PDS - Piping Designer -suunnittelunäkymä.

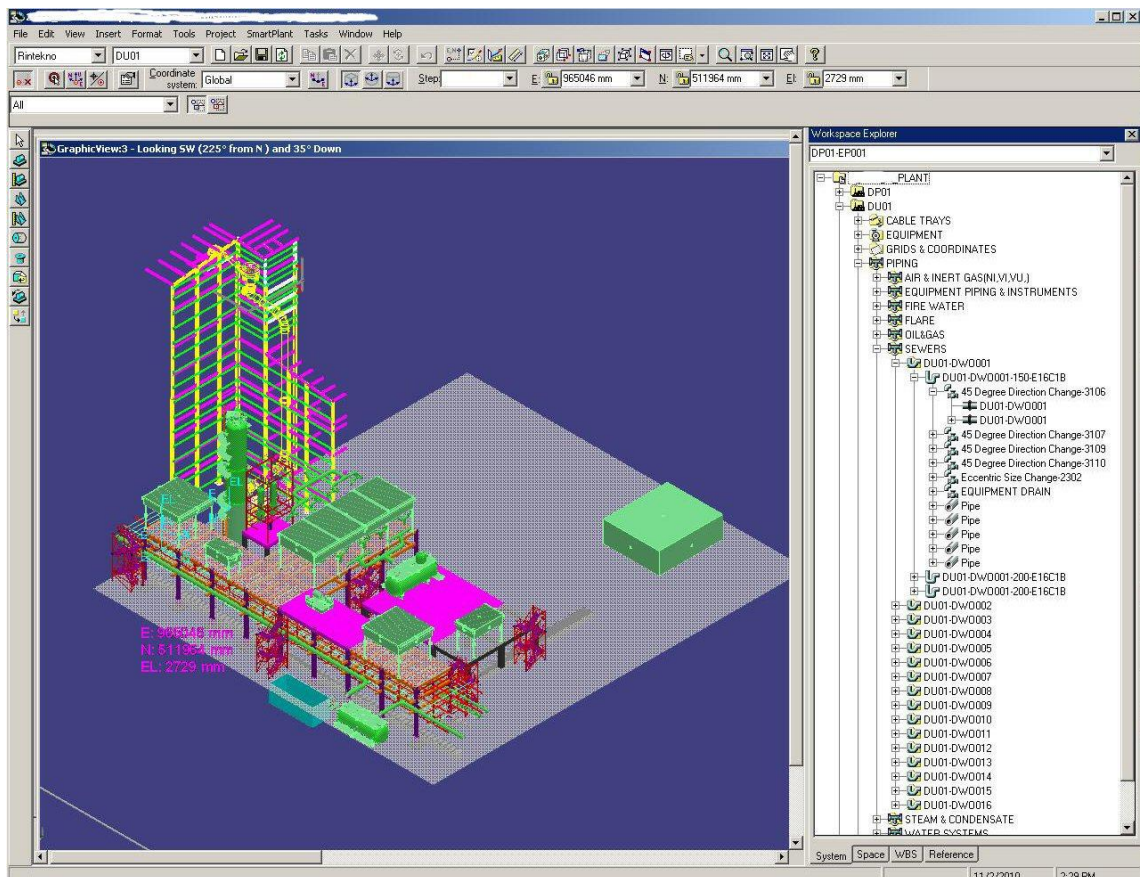
### 2.2.2 SmartPlant 3D

*SmartPlant*-tuoteperheen ohjelmistoilla voidaan muodostaa kaikkien laitoksen suunnittelulajien yli menevä kokonaisuus käyttäen apuna kolmannen osapuolen ohjelmistoja. Ohjelmistoista löytyvät työkalut laitosten investoinnin koko elinkaaren hallintaan. Putkistosuunnittelun käyttämä ohjelmisto on nimeltään *SmartPlant 3D*. *SmartPlant Foundation* on yhteinen tietokantasovellus kaikkien suunnittelulajien ohjelmistojen välillä. Sen hienoutena on kyky reagoida muutoksiin linkitysten avulla eri ohjelmistojen välillä. Ohjelmat toimivat synkronoidusti eli putkistosuunnittelija saa tiedon putkikoon muutoksesta *SmartPlant 3D*:ssä, mikäli prosessisuunnittelija on muuttanut linjan kokoa *SmartPlant P&ID*-ohjelmassa, joka on prosessisuunnittelun käyttämä suunnitteluohjelmisto.

*SmartPlant 3D* on myös *Integrapp Inc*:n tietokantapohjainen suunnittelujärjestelmä, joka on suunniteltu korvaamaan *PDS*. NJ:ssä se on otettu käyttöön, mutta silti suurin osa projekteista toteutetaan vielä *PDS*:n avulla. *SmartPlant 3D*:n suurin ero käyttäjän kannalta *PDS*:iin verrattuna on, että useampi suunnittelija pystyy tekemään suunnittelutyötä samanaikaisesti samassa näkymässä, vaikka ohjelmassa ei ole erillisiä grafiikkamalleja. Myös työskentelytavassa on eroa *PDS*:iin verrattuna, koska putkistolle ei luoda ensin segmenttiä.

Käyttäjien ei tarvitse luoda useaa eri mallia, vaan kaikki työskentelevät yhdessä ja samassa tietokannassa. Käyttäjä hallitsee kerralla joukkoa objekteja, jotka on toteutettu suodattimien avulla. Suodattimet määritellään esimerkiksi laitoksen perusteella. Ohjelmassa on monenlaisia suodattimia, joilla voidaan rajata objekteja eri tavoin.

Objektit lisätään malliin *SmartPlant 3D*:ssä suoraan komponentteina. Suunnittelijan ei tarvitse ensin luoda putkiston keskilinjaa eli segmenttiä, kuten *PDS*:ssä. Lisäksi tiedot voidaan helposti poimia linjalle PI-kaaviosta, kun taas *PDS*:ssä linjan tiedot joudutaan syöttämään manuaalisesti. Ohjelman oikeassa laidassa on hierarkiapuu (kuva 4), josta nähdään kaikki komponentit, jotka ovat laitokselle mallinnettuja. Ylimpänä hierarkiassa on tehdasalue ja alimpana on esimerkiksi hitsausauma. [5, s. 4.]



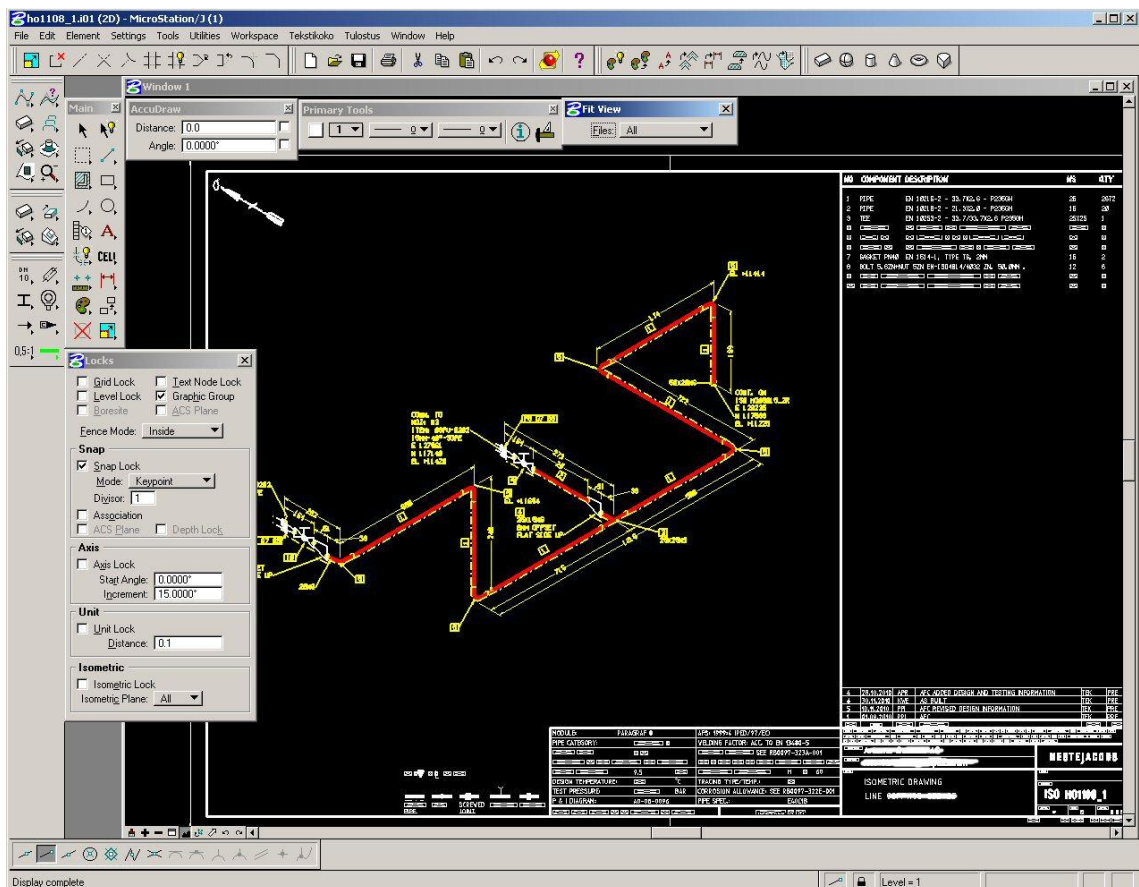
Kuva 4. SmartPlant 3D -suunnittelunäkymä.



### 2.2.3 Microstation

Ohjelma kehitettiin 80-luvulla ja sen viimeisin versio on V8i. *Microstation*-ohjelmaa kehittää ja myy *Bentley Systems Inc.* Ohjelmalla luodaan vektorigrafiikkaa kaksi- ja kolmiulotteisesti, ja se toimii useasti myös käyttöliittymänä erilaisiin tietokantapohjiin. *Microstation*-ohjelman käyttämä tiedostomuoto on *DGN* eli *Design file*, mutta se lukee myös muita *CAD*-tiedostoja.

*Microstationia* käytetään NJ:ssä paljon, etenkin suunniteltaessa projekteja, joissa ei ole kannattavaa mallintaa putkistoa 3D-ympäristöön *PDS:n* tai *SmartPlant 3D:n* avulla. Sen käyttäminen on melko helppo oppia, mutta se on samalla hyvin monipuolinen piirto-ohjelma. Monipuolisuutensa vuoksi sitä käytetään hyvinkin erilaisiin tarkoituksiin NJ:ssä. Kuvassa 5 on *Microstation J:n* käyttöliittymä, joka on ohjelman 7:s versio. Ohjelmassa on avattuna *PDS*:stä generoitu isometrinen putkistopiirustus.



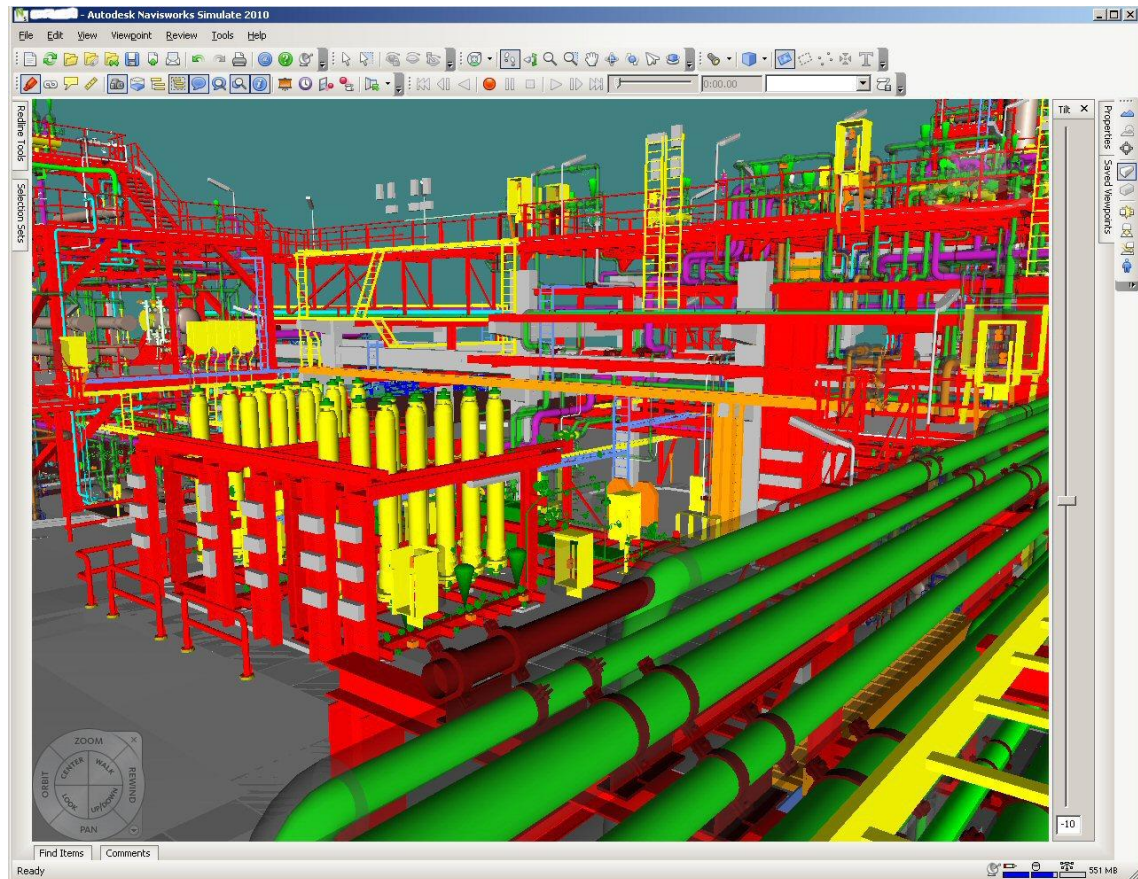
Kuva 5. Microstation -suunnittelunäkymä.

#### 2.2.4 CaePipe

Putkiston laskentaan NJ:ssä käytetään *CaePipe*-ohjelmaa, joka on *SST Systems Incin*. kehittämä. Ohjelmalla analysoidaan putkistolle aiheutuvia staattisia ja dynaamisia muutoksia. Putkiston lämpötila, paine ja massa ovat ne tekijät, jotka aiheuttavat muutoksia. NJ:ssä käytetään myös *FPipe*-nimistä putkiston laskentaohjelmaa. *CaePipe*-ohjelman käyttöliittymä on kuitenkin osoittautunut käyttäjäystävällisemmäksi ohjelmaksi. Lisäksi sillä saadaan tulostettua selkeämpiä kuvia, joten putkiston laskennassa käytetään pääasiassa *CaePipe*-ohjelmaa.

#### 2.2.5 Autodesk NavisWorks

*NavisWorks* on visualisointi-ohjelmisto, jolla luodaan laitoksesta integroitu 3D-malli. Mallia pystytään tarkastelemaan "liikkumalla" siinä eri tavoin. Malliin tuodaan eri ohjelmistoista kaikki materiaalit, jotka voivat olla eri tiedostoformaateissa. Se helpottaa eri suunnitteluosastojen työntekoa, koska sen avulla nähdään melko reaaliaikaisesti laitokselle suunnitellut asiat. Mallissa voidaan mitailla etäisyyksiä eri osien välillä sekä pystytään huomaamaan mahdollisia epäkohtia. Mallia käytetään myös projektin eri vaiheissa asiakkaille tai esimiehille tehtäviin esityksiin, jolloin heidän on helpompaa hahmottaa suunnitelmat ja kommentoida niitä. *NavisWorks*in käyttäminen on hyvin yksinkertaista, joten mallia voivat hyödyntää kaikki projektissa mukana olevat tahot. *NavisWorks*ä käytetään nykyään melko paljon myös työmaalla, koska sen avulla on huomattavasti helpompi havainnollistaa laitokselle suunnitellut asiat. Kuvassa 6 on *NavisWorks*-ohjelman käyttöliittymä, jossa on laitosmalli tarkasteltavana.



Kuva 6. Autodesk Navisworks -laitosmalli.

### 2.3 Tiedonhallinta

Suurien laitosten suunnitteluprojektit edellyttävät hyvää dokumenttienhallintaa, joka on toteutettu tietokantapohjaisilla järjestelmillä. Niiden avulla dokumenttien arkistointi ja jakelu on helppoa. Projektin osapuolten on oltava ajan tasalla dokumenttien päivitysten suhteen, joten heidän on saatava tietoonsa viimeisimmät revisiot. NJ:ssä dokumenttienhallintaan käytetään *Kronodoc*-nimistä laitosedokumentaation hallintajärjestelmää. Lisäksi arkistointiin käytetään *Bentleyn ProjectWise*-ohjelmaa ja projektien kustannusten seurantaan *REPRO*-ohjelmaa.

#### *Kronodoc*

*Kronodoc* on projektinaikainen dokumenttienhallintajärjestelmä, johon tallennetaan projektin aikana kaikki dokumentit. Ohjelmalla suoritetaan dokumenttien jakaminen

projektin eri osapuolille, kuten asiakkaalle ja suunnittelijoille. *Kronodo*in avulla projektin kaikki osapuolet saavat vaivatta viimeisimmän version dokumenteista. Dokumentille luodaan viitetietokortti, kun se ensimmäisen kerran tallennetaan *Kronodo*in. Viitetietokortin avulla selviävät dokumentin tiedot ja sen perusteella se voidaan myöhemmin arkistoida *ProjectWisen* kautta. *Kronodo*issa on myös mahdollisuus asiakkaan käyttöliittymälle. Tällöin suunnittelutoimisto arkistoi asiakkaan puolesta dokumentit ja asiakas voi laitokselta käsin hakea dokumentit arkistosta *Kronodo*in avulla.

### *ProjectWise*

*ProjectWise* on arkistointijärjestelmä, johon dokumentit tallennetaan, kun projekti on saatettu loppuun. Neste Oilin projekteissa kaikki dokumentit arkistoidaan *ProjectWisen* kautta.

### *REPRO*

NJ:lle on kehitetty sen omien vaatimusten mukainen toiminnanohjausjärjestelmä eli *ERP*-järjestelmä, jota kutsutaan *REPRO*ksi. Tietoenatorin toimittaman Lean-järjestelmän avulla hallitaan projektien tuntikäyttöä, hankintoja, laskutusta ja materiaaleja sekä seurataan kustannuksia. Kokonaisuudessaan järjestelmää käytetään Neste Oilin toimeksiannoissa, mutta muissa projekteissa sen avulla seurataan lähinnä projektien tuntikäyttöä.

## 2.4 Standardit

Standardeja on olemassa valtava määrä. Kaikille standardeille on ominaista, että jokin organisaatio on määritellyt ne ja niillä pyritään ohjeistamaan, miten jokin asia tulisi tehdä. Putkistosuunnittelussa standardeja käytetään paljon. Ne helpottavat suunnittelutyötä merkittävästi, kun voidaan viitata standardiin eikä tarvitse suunnitella asioita uudestaan. Suunnittelijan täytyy kuitenkin tietää, mitä standardeja on milloinkin tarkoitus käyttää ja mistä niitä löytää. Monien eri standardien olemassaolo aiheuttaa myös

ongelmia, mikä korostuu erityisesti eri maiden välisessä kaupankäynnissä. Euroopassa noudatetaan kuitenkin pääsääntöisesti EN-normien mukaista suunnittelua, jolloin suunnittelu on yhdenmukaista eri maiden välillä. Seuraavassa on esitelty layout- ja putkistosuunnittelun kannalta olennaisia standardeja. [6, s. 2.]

#### 2.4.1 SFS-EN 13480: Metalliset teollisuusputkistot

Standardi koostuu kahdeksasta osasta, joista kuusi on julkaistu yhdenmukaisina versioina. Standardin julkaisija on Suomen Standardoimisliitto eli SFS. Standardi käsittelee putkistosuunnittelua monesta näkökulmasta. Sen mukaisesti tehty suunnittelu ja valmistus antavat vaatimustenmukaisuusoletuksen painelaitedirektiivin (PED) mukaan. Standardia ei ole pakko käyttää, mutta turvallisuustason riittävä toteutuminen on osoitettava toisella tavalla, mikäli sitä ei käytetä. Seuraavassa esitellään standardin kaikkien osien sisällöt.

##### Osa 1: Yleistä

Ensimmäinen osa käsittelee yleisesti putkistosuunnittelun termistöä, määritelmiä, symboleja ja yksiköitä.

##### Osa 2: Materiaalit

Toisessa osassa käsitellään putkiston harmonisoituja materiaaleja ja niiden vaatimuksia. Standardissa on paljon viittauksia muihin standardeihin, joissa tarkastellaan materiaaleja tarkemmin. Yleisimpiä näistä ovat ruostumattomien teräsputkien standardit SFS-EN 10216 ja SFS-EN 10217 sekä putken osien standardit SFS-EN 10253-1, -2, -3 ja -4.

### Osa 3: Suunnittelu ja laskenta

Kolmannessa osassa keskitytään putkiston oikeaan mitoitukseen. Standardissa käsitellään putkiston kuormitukset, laskentalujuudet, käyrät ja taivutukset, laippaliitokset, aukot ja haaroitukset, ulkopuoliset paineet, väsyttävät kuormitukset, jännitysanalyysi ja kannakesuunnittelu.

### Osa 4: Valmistus ja asennus

Neljännessä osassa esitellään vaatimuksia putkiston valmistukselle, kuten taivutuksille, esivalmistukselle, lämpökäsittelylle ja hitsaukselle. Putkistosuunnittelijalle olennaisimpia ovat kappaleiden valmistuksen vaatimukset sekä niiden toleranssit.

### Osa 5: Tarkastus ja testaus

Viidennessä osassa esitellään tarkastus- ja testausvaatimukset teollisuusputkistoille. Putkistosuunnittelijalle olennaisimpia ovat kohdat 6: suunnittelun kelpuus, 7.2.5: työkokeet, 8.2: hitsausseamojen tarkastuslaajuus, 8.3: pituushitsauksien lujuuskertoimet, 9.2: loppuarviointi ja 9.5: dokumentointi.

### Osa 6: Maahan asennettävien putkistojen lisävaatimukset

Kuudennessä osassa käsitellään teollisuusputkiston vaatimuksia, mikäli se asennetaan kokonaan tai osittain maan sisälle.

### Osa 7: Lämmittämättömien painelaitteiden turvajärjestelmät

Seitsemäs osa on julkaistu seuraavana standardina SFS-EN 764-7. Standardi käsittelee erilaisia vaatimuksia painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien turvallisuudelle. Standardissa käsitellään myös menetelmät vaaran arviointiin ja vaara-analyysiin sekä kerrotaan milloin ne ovat pakollisia.

## Osa 8: Alumiini ja alumiiniseosteisten putkistojen lisävaatimukset

Kahdeksas osa käsittelee alumiinista tai alumiiniseoksista valmistettavien putkistojen lisävaatimuksia. [7, s. 1 - 9]

### 2.4.2 Putkiluokkastandardit

Putkiluokalla tarkoitetaan yhdenmukaista käytäntöä valita suunniteltavalle putkistolle eri osien materiaali, ulkomitat ja paksuudet. Putkiluokka määritellään putkistolle kahdella eri perusteella. Valintakriteeriksi voidaan valita virtaava aine ja sen vaatimukset materiaalin, paineen ja lämpötilan mukaan. Tästä voi kuitenkin seurata komponenttien paksuuden ylitykset, jos putkistoa yritetään mahduttaa liikaa saman putkiluokan alle. Toinen tapa on valita sopiva perusmateriaali ja paineluokka, jolloin kaikki komponentit mitoitetaan kestävästi valittu ylipaine huoneen lämpötilassa (+20 °C). Putkiluokan liitteeksi lisätään taulukko sallituille ylipaineille korkeammissa lämpötiloissa.

Putkiluokkastandardien avulla suunnittelutyö helpottuu merkittävästi. Niiden avulla putkiston komponenttien mitat ja materiaalit ovat yhdenmukaisia ja usein ne ovat määriteltävinä mallinnusohjelmaan valmiiksi. Lisäksi komponenttien valmistus helpottuu ja standardiosat lisäävät toimitusvarmuutta, kun käytetään samoja osia eri projekteissa. Yritykset määrittelevät yleensä omat putkiluokkansa, ja ne ovat usein sisällöltään kattavampia kuin putkiluokkastandardit. Putkiluokkastandardeissa ei oteta kantaa virtaavaan aineeseen, mutta vaikka ne ovat suppeampia, ne myös sopivat laajempaan käyttöön.

PSK-standardisointi on julkaissut vuonna 2008 uudet putkiluokkastandardit, jotka noudattavat hyvin pitkälle vanhojen SFS-standardien mukaisia putkiluokkastandardeja. Valintaperusteena niissä on materiaali ja paineluokka. Niiden tarkoituksena on tehdä suunnittelutyö helpoksi eikä jättää suunnittelijalle lukuisia valintoja. Tämän johdosta uudet putkiluokat eivät tarjoa vaihtoehtoja materiaalin ja komponenttien suhteen.

PSK-putkiluokat kumoavat SFS-standardiputkiluokat ja uusien putkiluokkastandardien käyttäminen on suositeltavaa painelaitedirektiivin (PED) asettamien vaatimusten vuoksi. Putkiluokan nimen edessä oleva kirjain E tarkoittaa, että se noudattaa PEDin vaatimuksia ja se on tehty EN-standardien mukaisesti. [8, s. 1 - 3.]

#### 2.4.3 ASME, American Society of Mechanical Engineers

*ASME* on amerikkalainen standardisoimisorganisaatio, joka on yksi maailman suurimmista ja vanhimmista standardien kehittäjistä, jolla on useita putkistosuunnitteluun liittyviä standardeja. Putkistosuunnittelun näkökulmasta olennaisimpia ovat *ASME B31.1: Power Piping*, *ASME B31.3: Process Piping*, *ASME B16* -alkuiset putkiston osien standardit sekä *ASME B36.10M* ja *ASME B36.19M* putkiston mitoitustandardit. Organisaatiolla on myös lainsäädäntöön sidottu säädös paineastioiden suunnitteluun ja tarkastukseen *ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC)*. *ASME*n standardeja käytetään hyvin paljon petrokemian teollisuudessa, kuten myös Neste Oilin jalostamoilla. [9.]

#### 2.4.4 NOS, Neste Oil -standardit

Neste Oilin toimeksiannoissa käytetään NOS -standardeja, joiden ylläpidosta vastaa NJ. Ne tarkastetaan kahden vuoden välein ja tarvittaessa niitä revisioidaan aiemmin. Jokaiselle standardille on nimetty henkilö, jonka vastuulla on sen kehittäminen ja ylläpito. Lisäksi NJ:llä on suunnittelutyössä tarvittavia ohjeita ja spesifikaatioita, joita suunnittelijan tulee hyödyntää työssään. Ne perustuvat viranomaisten vaatimuksiin, kansallisiin ja kansainvälisiin standardeihin sekä NJ:n tekniseen asiantuntemukseen. [10, s. 11.]

#### 2.4.5 GE GAP, GE Global Asset Protection Services

*GE Global Asset Protection Services*, lyhennetään *GE GAP*, on julkaissut laitossuunnitteluun liittyviä standardeja. *GE GAP* on valittu osaksi laitossuunnittelua, koska monet vakuutusyhtiöt ovat hyväksyneet sen standardit suunnittelun pohjaksi. NJ:ssä on laadittu oma sijoitussuunnitteluspesifikaatio (W103) *GAP.2.5.2* -standardin ja muiden



standardien mukaan. *GAP.2.5.2* -standardissa käsitellään lähinnä sijoitussuunnittelussa käytettäviä etäisyyksiä laitoksen eri yksiköiden välillä. Etäisyydet on pyritty kokoamaan mahdollisimman turvallisiksi, yksikön tai laitteen tyypistä riippuen. [11.]

#### 2.4.6 Muita olennaisia standardeja

Lisäksi on olemassa monia muita laitossuunnitteluun liittyviä standardeja, joita ei kuitenkaan tässä työssä käsitellä tarkemmin. Muutamia esimerkkejä niistä ovat:

- SFS 3350: Palavien nesteiden varastointi
- SFS 3353: Palavien nesteiden valmistus- tai käyttölaitos
- SFS 3356: Palavan nesteen putkisto
- SFS-EN ISO 12944: Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä
- SFS-EN ISO 14122: Koneturvallisuus, hoitotasot ja tikkaat
- PSK 5801: Putkireittiinpiirustus
- PSK 5802: Taso- ja leikkauspiirustus
- PSK 5803: Isometrinen piirustus
- PSK 5804: Aluekartta
- PSK 5805: Tehdassijoituspiirustus
- PSK 5806: Laitesijoituspiirustus.

#### 2.4.7 Lainsäädäntö

Putkistosuunnittelussa on hyvä huomioida, että ulkomaille tehtävän projektin kohdella on usein erilainen lainsäädäntö. Yleensä lainsäädännölliset asiat on huomioitu jo suunnitteluohjeissa. Euroopan unionin alueella suunnittelussa voidaan yleensä soveltaa PEDin vaatimuksia.

Seuraavat määräykset tulee huomioida laitossuunnittelussa:

- Rakenteiden kuormitusmääräykset
- Työturvallisuusmääräykset
- Vaarallisia ja palavia aineita koskevat määräykset
- Tarkastusmääräykset.

Projektin alkuvaiheessa on tärkeää selvittää kohdemaan lait ja asetukset sekä viranomaisten ja tarkastuslaitosten ohjeet ja standardit. Erilaisia määräyksiä voi olla useita, ja joskus niiden ymmärtäminen ei ole aivan yksiselitteistä. [12, s. 4.]

#### 2.4.8 TUKES, Turvatekniikan keskus

Turvatekniikan keskus (TUKES) on virasto, joka toimii teknisen turvallisuuden ja luotettavuuden valvojana, kehittäjänä ja asiantuntijana. TUKESiltä on mahdollista saada erilaista opastusta direktiivien ja säädösten soveltamiseen. TUKESin tavoitteena on ihmisten ja omaisuuden suojeleminen turvallisuusriskeiltä. Putkistosuunnittelijalle TUKES tarjoaa paljon erilaisia ohjeita ja oppaita, jotka liittyvät vaarallisten aineiden varastointiin ja kemikaaliputkistoihin. [13.]

#### 2.5 PED, Pressure Equipment Directive

Putkistosuunnittelun kansallinen lainsäädäntö on säädetty Painelaitedirektiivin eli PEDin mukaan. Direktiivin on antanut Euroopan unionin neuvosto ja Euroopan parlamentti. PEDin tarkoitus on helpottaa painelaitteiden markkinoille saattamista ja yhdenmukaisistaa EU:n lainsäädäntöä. Se on ollut voimassa vuodesta 1999 ja se sisältää olennaiset turvallisuusvaatimukset koskien suunnittelua, valmistusta ja vaatimustenmukaisuuden arviointia. PED koskee vain ensimmäistä käyttöönottoa Euroopan talousalueella eikä sisällä käytönaikaisia tarkastusvaatimuksia.

PEDIin liittyvät standardit laatii *European Committee for Standardization* eli CEN. Niistä pyritään tekemään yhdenmukaisia ja ne tukevat olennaisia turvallisuusmääräyksiä. Yhdenmukaisia standardeja käyttämällä soveltaja voi olettaa, että PEDin vaatimukset täyttyvät.

PED on monilta osin vain suuntaa-antava, joten sen tulkinnasta on syntynyt eroja. Tämän johdosta on jouduttu laatimaan myös tulkintaohjeita. PEDin sovellusohjeet ovat jäsenvaltioiden hyväksymiä, mutta niillä ei ole juridista pohjaa. Ohjeet auttavat kuitenkin viranomaisia, valmistajia ja tarkastuslaitoksia tulkitsemaan PEDiä.

PED ei koske esimerkiksi vedenjakeluverkostoa, lämpimän veden lämmitysjärjestelmiä eikä siirtoputkistoa. PEDiä sovelletaan sellaisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin, joiden suurin sallittu käyttöpainne ylittää 0,5 bar. [14, s. 4; 15, s. 2.]

### 2.5.1 Luokittelu

Painelaitteita ja putkistoja luokitellaan niiden vaativuuden perusteella, ja luokkia on yhteensä neljä. Vaativuusluokitteluun vaikuttavat sisällön olomuoto ja vaarallisuus sekä paineen ja tilavuuden nimellisuus. Putkistot voidaan luokitella vain johonkin kolmesta ensimmäisestä vaaraluokasta.

Lisäksi on olemassa erilaisia painelaitteen tai putkiston tarkastukseen liittyviä moduuleita. Näillä valmistaja kertoo vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn. Valmistajalla on käytettävissään erilaisia moduuleita tarkastuksen ja laatu järjestelmän hyödyntämiseen. Moduuli riippuu myös painelaitteen tai putkiston vaaraluokasta. Lisäksi sen valintaan vaikuttaa yrityksen mahdollisen laatu järjestelmän laajuus. Taulukossa 1 on esitetty kaikki moduulit ja niiden käyttö luokittain.

Taulukko 1. PEDin vaatimustenmukaisuusarviointimoduulit.

<b>Vaaraluokka</b>	<b>Ei laatu järjestelmää</b>	<b>Ilmoitetun laitoksen hyväksymä laatu järjestelmä</b>
I	A	A
II	A1	D1 E1
III	G	B + E B1 + D H
IV	B + F G	B + D H1

Moduulien selitykset:

- A: Valmistuksen sisäinen tarkastus
- A1: Valmistuksen sisäinen tarkastus ja lopputarkastuksen valvonta
- D1: Tuotannon laadunvarmistus
- E1: Tuotteiden laadunvarmistus
- G: Yksikkökohtainen EY-tarkastus
- B + E: EY-tyyppitarkastus + tuotteiden laadunvarmistus
- B1 + D: EY-suunnitelmatarkastus + tuotannon laadunvarmistus
- H: Täydellinen laadunvarmistus
- B + F: EY-tyyppitarkastus + tuotekohtainen tarkastus
- B + D: EY-tyyppitarkastus + tuotannon laadunvarmistus
- H1: Täydellinen laadunvarmistus, sisältäen suunnitelma- ja lopputarkastuksen.

Moduuli yleensä valikoituu sen mukaan, onko kyseessä uusi putkisto vai vanhan korjaus tai muutos. Lisäksi siihen vaikuttaa se, kuka projektissa toimii valmistajana. EY:llä tarkoitetaan vaatimustenmukaisuusvakuutusta. [14, s. 24.]

## 2.5.2 Laatu järjestelmä

Valmistajalla tarkoitetaan tahoja, jotka vastaa suunnittelusta, valmistuksesta ja tarkastuksesta sekä niille olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttymisestä. Valmistajalla oleva laatu järjestelmä antaa enemmän mahdollisuuksia sopivan arviointimenettelytavan eli moduulin valitsemiseen.

H-moduulilla tarkoitetaan täydellistä laadunvalvontajärjestelmää kyseessä olevaan laitokseen. Tällöin valmistajalla on järjestelmä tuotteiden suunnitteluun, valmistukseen ja lopputarkastukseen. H-moduulin käyttäminen ei välttämättä ole kannattavaa kovin pienissä yrityksissä, koska sen käyttäminen on osoittautunut vaikeaksi myös isommille yrityksille. Mikäli H-moduulia ei voida käyttää, tarkastukset suorittaa tarkastuslaitos, joita Suomessa ovat *Inspecta Oy* ja *Dekra Industrial Oy*.

NJ:llä on käytössään H-moduuli-sertifikaatti uuden putkiston suunnittelussa. Sitä toteutetaan NJ:n laatu järjestelmän spesifikaatioilla ja ohjeilla, joita noudattamalla täyttyvät

painelaitedirektiivin olennaiset vaatimukset. NJ:n spesifikaatiot ja ohjeet on auditoinut ja sertifioinut kolmas osapuoli, *DNV* eli *Det Norske Veritas*. Mikäli suunnittelussa ei käytetä NJ:n omia spesifikaatioita, painelaitedirektiivin vaatimusten toteutuminen täytyy todentaa muulla tavoin. Tällöin ei H-moduulia voida käyttää. [16, s. 3 - 6.]

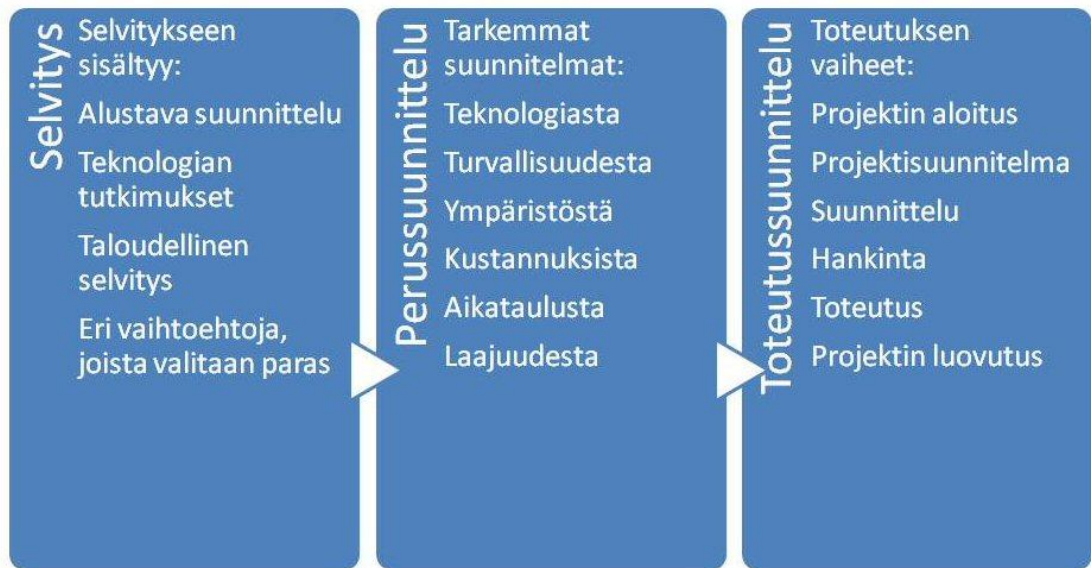
### **3 Laitosinvestointiprojekti**

#### **3.1 Määritelmä**

Laitosinvestointiprojekti alkaa asiakkaan päätöksestä rakentaa uusi laitos tai laajentaa nykyistä. Isoilla konserneilla voi olla oma suunnitteluosasto, jolloin myös projektia voidaan johtaa ja suunnitella itse. Laitoksen suunnittelu ja rakentaminen on monimutkainen projekti, joten se on useimmiten kannattavaa antaa erikoistuneen suunnittelutoimiston hoidettavaksi. [1, s. 2.]

NJ:ssä laitoksen suunnitteluun osallistuvat prosessi-, laite-, sähkö-, rakennus-, automaatio-, instrumentti-, putkisto- ja layoutsuunnittelu. Kuten aiemmin todettiin, putkistosuunnittelun osuus laitossuunnitteluprojektissa on hyvin merkittävä. Se on usein projektin kriittisin vaihe, eli aikataulu sen osalta on hyvin tiukka. Putkisto muodostaa noin 5 - 15 %:n osuuden laitoksen kokonaisinvestoinnista ja suunnittelun osuus siitä on noin 10 - 15 %. [2, s. 2.]

Laitossuunnitteluprojektissa voidaan erottaa kolme erillistä vaihetta, jotka kaikki täydentävät toisiaan. Projektiin voidaan määritellä lisää vaiheita, mutta useimmiten noudatetaan suunnittelussa kolmen vaiheen menetelmää. Kuvassa 7 esitetään laitosinvestointiprojektin vaiheiden tärkeimmät sisällöt. Seuraavaksi käsitellään laitossuunnittelun projektivaiheita tarkemmin. [17, s. 6 - 9.]



Kuva 7. Laitosinvestointiprojektin vaiheet ja niiden sisällöt.

### 3.2 Selvitys

Selvitysvaiheessa on tarkoitus arvioida uusien tai vanhojen tuotantolaitosten toimintaedellytyksiä liittyen ylläpitoon, laajennuksiin ja kehitysideoihin sekä taloudellisesti että teknisesti.

Selvitys voi olla pelkästään tekninen, jolloin siihen kuuluu teknisen ratkaisun suunnittelu, raaka-aine- ja käyttöhyödykekulutusten määrittely, kustannusarvio (tarkkuus  $\pm 20 - \pm 40$  %) sekä EHS-arviointi, eli turvallisuus-, terveys- ja ympäristöarviointi. Selvitykseen kuuluu usein myös tutkimustyötä ja testausta laboratorio-olosuhteissa, jolloin eri vaihtoehtoja tarkastellaan teknologian suhteen. Lisäksi voidaan tehdä taloudellinen arvio idean kannattavuuteen vaikuttavista asioista, joita voivat olla esimerkiksi markkinat, kuljetukset ja raaka-aineen saatavuus.

Selvitys jatkuu alustavalla suunnittelulla, joka alkaa vaihtoehtoisten ratkaisuiden kehittämisellä. Vaihtoehtoisista ratkaisuista valitaan sen jälkeen niin monta kuin nähdään tarpeelliseksi. Valituille vaihtoehdoille tehdään alustavat suunnittelut ja niiden kustannusarviot. Lisäksi arvioidaan laitoksen toimintaan liittyvät käyttökustannukset. Lopuksi suoritetaan vaihtoehtojen arviointi asiakkaan kanssa, jonka jälkeen valitaan paras vaihtoehto, joka toimii perussuunnittelun pohjana. [18, s. 1 - 3.]

Selvitysvaiheen alussa on tärkeää määritellä projektin etenemisen kannalta seuraavia asioita:

- Kohde
- Tarkoitus
- Lähtötiedot
- Suoritustapa
- EHS
- Kokouskäytäntö
- Laajuus
- Dokumentointi
- Yhteyshenkilöt
- Työnjako
- Salassapito
- Kustannukset
- Aikataulu
- Selvitysraportin sisältö.

Projektin alussa on hyvä käyttää aikaa asioiden sopimiseen projektin osapuolten kesken ja ottaa myös varsinaisen suunnittelutyön tekijät mukaan palaveriinkin. Selvityksestä ei laadita yleensä projektisuunnitelmaa, vaan toteutuksesta vastaava huolehtii siitä, ottaen huomioon selvityksen laajuuden ja luonteen. [17, s. 6; 18, s. 1.]

### 3.3 Perussuunnittelu

Perussuunnittelu alkaa investointipäätöksestä, joka tehdään selvityksen ja alustavan suunnittelun pohjalta. Asiakkaan ja suunnittelutoimiston yhteistyössä valitsema paras vaihtoehto toimii lähtötietona perussuunnittelulle. Perussuunnitteluvaiheessa on tarkoitus luoda mahdollisimman hyvä pohja varsinaisen toteutuksen tarkemmalle suunnittelulle. Perussuunnittelun tuloksena syntyy yleensä toteutusvaiheen alustava projektisuunnitelma. Perussuunnittelu tarkoittaa mm. teknologiaan, turvallisuuteen ja ympäristöön liittyviä asioita sekä kustannuksia, aikataulutusta ja suunnittelun laajuutta.

[19, s. 1.]



Lisäksi asiakas voi halutessaan lisätä perussuunnittelun sisältöön erilaisia asioita, kuten laitoksen elinkaarianalyysin, energiankäytön optimointia, kunnossapitokysymyksiä ja tuotteiden hintakehitystä. [19, s. 4.]

### 3.3.1 Teknologia

Perussuunnittelun alussa määritellään teknologian erityispiirteet. Niitä varten joko tilataan teknologian kehittäjältä lisenssipaketti tai vaihtoehtoisesti käytetään yrityksen omia teknologiaratkaisuja. Perussuunnitteluvaiheessa voidaan teknologiaa kuitenkin vielä kehittää, jotta asiakkaan määrittelemät tavoitteet toteutuvat. [19, s. 1.]

### 3.3.2 Suunnittelun laajuus

Asiakkaan kanssa sovitaan myös perussuunnittelun tarkkuudesta, joka vaikuttaa olennaisesti suunnitteluun, kustannusarvioon ja aikatauluihin. On erittäin tärkeää sopia asiakkaan kanssa suunnittelun laajuus ennen töiden aloittamista, jotta pysytään aikataulussa ja vältetään erimielisyyksiltä myöhemmissä vaiheissa. NJ:llä on olemassa omat ohjeet perussuunnittelun toteutukseen, mutta yleensä asiakkaan kanssa sovitaan erikseen, mitkä dokumentit perussuunnitteluvaiheeseen sisältyvät. Asiakkaalla voi myös olla oma luettelonsa tarvittavista dokumenteista. [19, s. 2.]

### 3.3.3 Kustannukset

Suunnitteluryhmien tekemien lähtötietojen pohjalta kustannuslaskentaosasto luo projektista kustannusarvion. Mikäli perussuunnittelu on tehty NJ:n antamien ohjeiden mukaisesti, voidaan kustannusarvio antaa  $\pm 15\%$ :n tarkkuudella. [19, s. 4.]

### 3.3.4 Turvallisuus- ja ympäristöasiat

Perussuunnitteluvaiheessa tehdään myös tarkasteluita onnettomuuksien ja riskien kartoittamista varten. Projektin koko määrittelee tarkastelutavan: suurissa projekteissa tehdään *HAZOP*-tarkastelu ja pienemmissä projekteissa *What if*-tarkastelu.

*HAZOP* on systemaattinen riskianalyysi- ja poikkeamatarkastelumenetelmä, jonka avulla prosessista voidaan havaita mahdollisia riskitekijöitä. *HAZOP* käytetään varsinkin silloin, kun kyseessä on täysin uusi laitos ja uudenlainen teknologia. Sitä käytetään kuitenkin myös vanhojen laitosten uusimisprojekteissa. Menetelmänä *HAZOP* on huomattavasti laajempi, soveltuen paremmin suurempiin projekteihin. [20, s. 2.]

*What if* -tarkastelulla tarkoitetaan kevyempää eikä niin järjestelmällistä menetelmää riskien tarkastelussa. Turvallisuusriskit pyritään tunnistamaan ennalta ja jokaiselle riskille mietitään mahdolliset seuraukset sekä niihin varautuminen.

### 3.4 Toteutusprojekti

Toteutusprojektista voidaan erottaa ajallisesti kuusi eri vaihetta, jotka ovat osin päällekkäisiä. NJ:n tehtävänä toteutusprojektissa on hoitaa projektin ohjaus ja johtaminen, hankinnat, suunnittelu sekä toteutus. Projekti päättyy yleensä mekaaniseen valmiuteen. Seuraavaksi toteutusprojektin eri vaiheet käydään läpi tarkemmin. [21, s. 1.]

#### 3.4.1 Projektin perustaminen

Projektin perustajana toimii projektipäällikkö. Hän vastaa projektin lisäämisestä projektinhallintajärjestelmään ja projektin osituksesta. Tämän jälkeen hän määrittelee kustannuksien ja aikataulujen seurantakokonaisuudet eri suunnitteluosastoille. [21, s. 2.]

#### 3.4.2 Projektisuunnitelman laatiminen

Toteutusprojektista laaditaan aina projektisuunnitelma ja yleensä perussuunnitteluvaiheen suunnitelma päivitetään vastaamaan toteutusvaihetta. Projektisuunnitelman tulisi sisältää riittävästi asioita projektin läpiviemiseen. Projektin alkuvaiheessa käytetty aika projektin läpiviemisen suunnitteluun yleensä maksaa itsensä takaisin projektin aikana moninkertaisesti. Usein sen sisältö kuitenkin saattaa vaihdella projektin luonteen mukaisesti.

Projektisuunnitelman tärkeimpiä asioita ovat seuraavat:

- Projektin laajuus
- Aikataulut
- Projektioorganisaatio ja yhteystiedot
- Lähtötiedot
- Projektiohjeet
- Resurssisuunnittelu
- Dokumentointi
- Hankinnat.

Projektisuunnitelma toimii myös asiakkaan ja NJ:n välisenä asiakirjana, jonka tarkoituksena on selkeyttää projektin laajuutta ja vastuunjakoja. Molempien osapuolten hyväksytyä suunnitelman asiakkaan oletetaan ymmärtäneen toimeksiannon luonne ja odotukset. [21, s. 2.]

### 3.4.3 Suunnittelu

Toteutussuunnittelua kutsutaan myös detaljisuunnitteluksi, joka nimensä mukaisesti viittaa yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Perussuunnitteluvaiheessa määritellään toteutussuunnitteluvaiheeseen lähtötietoja, jotka sitten kootaan toteutussuunnittelua varten. Eri suunnittelualoille nimetään omat vastuuhenkilönsä. Heidän tehtävänä on selvittää ja tarkastaa suunnittelun läpiviennin kannalta olennaisia asioita ennen suunnittelutyön käynnistämistä.

Laitoksen rakentamisen aikana suunnitteluvaihe on periaatteessa koko ajan käynnissä, sillä rakennusvaiheessa ilmaantuvista ongelmista tai virheistä johtuen suunniteltuja asioita joudutaan lähes aina muuttamaan. Tämän vuoksi suunnitteluvaihe päättyy vasta *As Built* -dokumentointiin, jolloin tietokonemalli ja dokumentit päivitetään vastaamaan todellisuutta. [21, s. 4; 22, s. 2.]

### 3.4.4 Hankinta

Hankinnoista tehdään hankintamäärittelyt, jotka eri suunnitteluosastot tekevät omien suunnitelmiensa pohjalta. Määrittelyjen lisäksi Neste Oilin toimeksiannoissa tehdään

myös hankintapyynnöt. Niiden perusteella hankinnoista vastaava tekee hankinnat ja luovuttaa ne sitten myöhemmin urakoitsijalle, joka suorittaa asennukset. Hankintojen vastuuhenkilöt ja muut oleelliset asiat löytyvät projektisuunnitelmasta. [21, s. 4.]

Hankintoja tehtäessä on huomioitava monia asioita, kuten takuut, toimitusajat, tarjousvertailut, sakot ja laadunvarmistus. Varsinkin isoja laitteita hankittaessa täytyy tilaajan olla varma laitteen laadusta, ettei se laitosta käynnistäessä osoittaudu virheelliseksi, sillä laitoksen "seisokkipäivät" koituvat todella kalliiksi. [23, s. 4.]

#### 3.4.5 Toteutus

Suunnittelun toteutusta täytyy valvoa, koska urakoitsijan ei voida olettaa pystyvän rakentamaan laitosta pelkästään dokumenttien pohjalta. Suunnittelijoiden, työmaavalvojan ja työmaapäällikön avulla varmistutaan siitä, että laitos tulee rakennettua kaikkien vaatimusten mukaisesti. Työmaapäällikön vastuulla on selvittää, että kaikki suunnitellut asiat ovat kunnossa työmaalla ennen toteutusvaiheen alkua. [21, s. 5.]

Toteutusvaiheeseen liittyy yleensä monia tekijöitä, ja sen aikataulu on usein todella tiukka. Mikäli laitokselle tehdään korjaustöitä ja tuotanto joudutaan ajamaan alas, on toteutusvaihe hyvin hektinen, sillä tuotanto halutaan saada käyntiin mahdollisimman nopeasti.

#### 3.4.6 Projektin luovutus ja sulkeminen

Yleensä asiakkaan ja suunnittelutoimiston välinen vastuuraja on mekaaninen valmius laitoksella. Projekti päättyy kuitenkin vasta rakennettavan laitoksen dokumentaation luovutukseen asiakkaalle. Takuuajan palveluista ja luovutuskriteereistä sekä -menettelyistä sovitaan projektikohtaisesti. Ne ovat kirjattuina projektisuunnitelmaan. Projektin päätteeksi käydään läpi sen aikana tehdyt virheet ja onnistumiset. Ne kirjataan loppuraporttiin, jotta niiden uusiutumiselta vältytään. [21, s. 6.]

## 4 Putkistosuunnittelun lähtötiedot toteutusprojektissa

### 4.1 Määritelmä

Lähtötiedolla tarkoitetaan dokumenttia, joka toimii suunnittelun pohjana seuraavalle suunnitteluvaiheelle. Putkiston ominaisuus yhdistävänä tekijänä laitoksella johtaa siihen, että sen suunnittelu perustuu hyvin vahvasti lähtötietoihin. Putkistosuunnittelu on kytköksissä muihin suunnitteluosastoihin, laitetoimittajiin, viranomaisiin ja asiakkaaseen. Liitteessä esitetään kaavion muodossa putkistosuunnittelun rajapinnat sekä suunnittelua varten tarvittavat lähtötietodokumentit. [12, s. 4.]

### 4.2 Dokumenttien taso

NJ:ssä piirustuksiin ja asiakirjoihin merkitään aina suunnittelun taso. Näin dokumentin lukija tietää, mikä kyseisen dokumentin suunnittelun taso on ja milloin sitä voi käyttää lähtötietona tai luovuttaa eteenpäin.

Dokumentin taso voi olla joko FC, AFD, AFC tai As Built:

- FC (*For Comments*) merkitty dokumentti lähetetään vastaanottajille kommentointia varten, joten projektissa mukana olevat voivat antaa omia ehdotuksiaan suunnittelun etenemiseksi ja parantamiseksi.
- AFD (*Approved for Design*) merkitty dokumentti on hyväksytty suunnittelua varten, eli se on hyväksytty seuraavan suunnitteluvaiheen lähtötietodokumentiksi.
- AFC (*Approved for Construction*) merkitty dokumentti on hyväksytty rakentamista varten, eli dokumentti on yleensä luovutettu laitoksen työmaalla toimivalle urakoitsijalle tai asiakkaalle.

- *As Built* -dokumentti on rakennetusta laitoksesta oleva dokumentti. Etenkin eri tavalla rakennetusta kuin suunnitellusta dokumentista tehdään *As Built* -versio. Näin asiakas saa viime kädessä päivitettyt versiot laitoksen dokumenteista.

### 4.3 Lähtötietojen hankinta

Projektin alkuvaiheessa putkistosuunnittelijan kannattaa käyttää aikaa lähtötietojen hankintaan ja niiden arkistointiin, jolloin ne ovat helposti saatavilla koko projektin ajan. Lisäksi hänen kannattaa perehtyä laitoksen dokumentteihin ja yrittää hahmottaa projektin kokonaisuutta. Seuraavaksi käsitellään sitä, mitkä ovat putkistosuunnittelun lähtötietojen alkuperät ja suunnittelun onnistumisen kannalta olennaiset dokumentit.

#### 4.3.1 Suunnitteluosastot

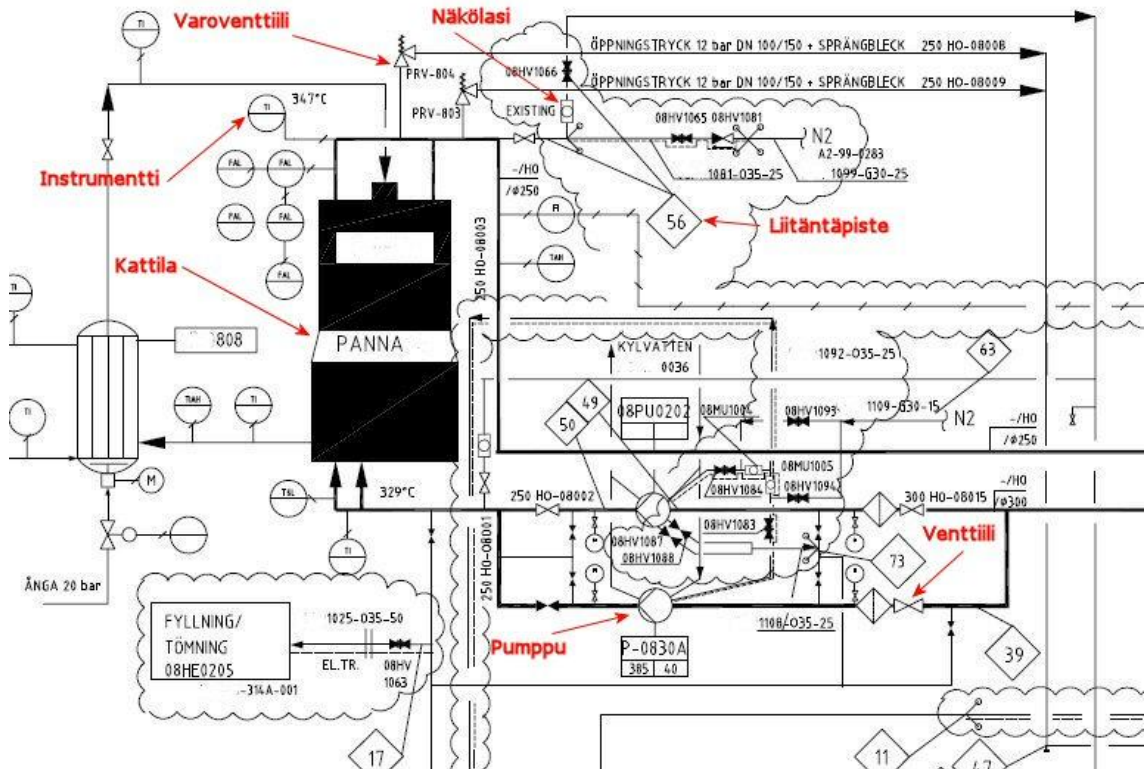
### **Prosessisuunnittelu**

Prosessisuunnittelun tehtävänä on suunnitella laitoksen prosessia ja sen vaatimuksia lämpötilojen, virtausten ja paineiden suhteen. Prosessisuunnittelulta putkistosuunnitteluun saadaan tärkeimmät lähtötiedot, joiden avulla putkistosuunnittelija pääsee työhönsä jo hyvin alkuun.

#### PI-kaavio

Putkisto- ja instrumenttikaaviossa esitetään koko prosessin yksityiskohtainen kulku. Siihen kuuluvat putket, instrumentit, laitteet, venttiilit, varusteet, eristykset ja lämpösaatot. Lisäksi kaaviossa näkyy kaikkien edellä mainittujen tunnuksien ja positiot. Usein on kannattavaa piirtää kaavioon myös virtaussuunnat, jolloin prosessin kulku havainnollistuu. PI-kaavio on putkistosuunnittelijan tärkein dokumentti laitoksen suunnitteluprosessin aikana, koska siitä voidaan nähdä koko prosessin kulku ja kaikki siihen liittyvät varusteet. PI-kaavio on laaja piirustus, jonka vuoksi on suotavaa piirtää käyttöhyödykeputkistot erillisille PI-kaavioille tai jakaa kaavio useille sivuille.

Kuvassa 8 näkyy osa PI-kaaviosta, josta löytyvät putkistoon liittyvät laitteet, venttiilit, putket ja säiliöt. Putkistosuunnittelu aloitetaan yleensä vasta, kun PI-kaavio on AFD-tasoinen. PI-kaaviota joudutaan kuitenkin lähes aina revisiomaan putkistosuunnittelijan näkökulmien vuoksi sekä prosessisuunnittelun tarkentuessa suunnittelun aikana.



Kuva 8. PI-kaavio ja piirrosmerkkien selityksiä.

### Virtauskaavio

Virtauskaaviossa näkyy prosessin toiminta, aine- ja energiataseet sekä virtausmäärät, paineet ja lämpötilat. Lisäksi siinä esitetään päälaitteiden nimet ja tunnukset sekä ko-koa ja kapasiteettia ilmaisevat suureet. [24, s. 4.]

## Linjaluetelo

Linjaluetelossa luetellaan kaikki PI-kaavioissa esitetyt linjat ja niiden ominaisuudet. Lisäksi siinä määritellään jokaiselle linjatunnukselle niiden koko, putkiluokka, päätepiisteet, käyttötarkoitus, käyttö- ja suunnitteluarvot, eristystyyppi ja -paksuus, saattotapa ja koepaine. Luettelon perusteella putkistosuunnittelijan on helppo löytää kaikille laitokselle tuleville linjoille oikeat suunnitteluarvot ja muut linjojen tiedot. Kuvassa 9 esitetään esimerkki linjaluetelosta. [24, s. 7.]

REV	Line Number	PI Diagram Number	Medium Code	From	Size	Oper temperature t/°C	Design t/°C	Test pressure bar(g)	Tracing Type
		Implementation group	Medium	To	Pipe Spec	Oper pressure p/bar(g)	Design p/ bar(g)	Pipe Category	Insulation Type/Thick.
6	08P10002-L 77*	AD100095	L 77*		40	150...200	230	12.4	ST
			Pure Pitch		MAS25A	8	9.5		H / 100
6	08P10005-L 77*	AD100095	L 77*		40	100...200	230	12.4	ST
			Pure Pitch		MAS25A	8	9.5		H / 100
6	08P10009-C 02	RB0010001	C 03		15	184	250	28.6	---
			Condensate, 20 barg		E40C1BS	10	22		H / 40
6	08P10010-C 03	RB0010001	C 03		25	214	250	28.6	---
			Condensate, 20 barg		E40C1BS	20	22		H / 40
6	08P10011-A 20	AD100095	A 20		25	20	60	11.4	EL (out)
			Fatty Acid		MAS16A	8	8.8		H / 40

Kuva 9. Linjaluetelo.

## Laiteluettelo

Laiteluetteloihin listataan kaikkien laitteiden numerot, niiden käyttö- ja suunnitteluarvot, sisältöä koskevat tiedot sekä rakennevaatimukset. Tilauksen jälkeen luetteloon lisätään toimittajaa koskevat tiedot. Eri laitteille luodaan yleensä omat luettelonsa, mutta tarvittaessa voidaan laatia myös työkohtaisia laiteluetteloita. [24, s. 7.]

## Venttiililuettelo

Prosessisuunnittelu toimittaa putkistosuunnittelulle lähtötietona myös luettelot kaikista venttiileistä, joita laitokselle on suunniteltu asennettavan. Luettelosta selviävät venttiilien olennaiset kokoon, liitostapaan ja sijaintiin liittyvät tiedot.



## Varoventtiililuettelo

Varoventtiilin tarkoituksena on estää ylipaineen aiheuttama painejärjestelmän rikkoutuminen. Varoventtiililuettelossa listataan kaikki laitokselle asennettavat varoventtiilit ja niiden ominaisuudet. Putkistosuunnittelijalle olennaisia tietoja ovat varoventtiilien liitoksien koot, paineluokat ja laipan tiivistyspinnan muoto. Nämä tiedot nähdään kuvassa 10 kohdissa *Inlet* ja *Outlet connection*. Näillä tiedoilla putkistosuunnittelija pääsee työsään alkuun. Laitesuunnittelu toimittaa varoventtiilien tarkat mittakuvat.

PROCESS DATA				
1	Revision		4	4
2	Item No		08HV9005	08HV9006
3	Service		Protection of PU-	Protection of PU-
4				
5	P&I-diagram			
6	Location		40 BE 00000	40 BE 00011
7	Pipe spec		MAS18A	MAS25A
8	Relief place		40 BE 00029	40 BE 00030
9	Fluid		pitch	pitch
10	Flow rate	kg/s	0.5	0.5
11	Density at RT.	kg/m <sup>3</sup>	960	960
12	Dyn visc. at RT	mPas	27	27
13	Molar mass	g/mol	n.a. (high)	n.a. (high)
14	Cp/Cv			
15	Temp. Relief	°C	200	200
16	Design	°C	230	230
17	Operating	kPa(a)	620	1130
18	Relief	kPa(a)	1100	1700
19	Accum	%	10	10
20	Max. operating	kPa(a)	1200	1860
21	Back Superimposed	kPa (a)	130..170	620..900
22	Build up $\Delta p$ max	kPa	19	19
23	Cause of overpressure		Pumping against closed valve	Pumping against closed valve
24				
EQUIPMENT DATA				
26	Code of regulation		API 521	API 521
27	Design type		Bellows	Bellows
28	Bonnet type			
29	Valve	Lifting lever	Yes	Yes
30		Accessories		
31	Material	Body	AISI 316L	AISI 316L
32		Trim	AISI 316L	AISI 316L
33		Spring	SS	SS
34	Inlet conn.	Size	DN 25	DN 25
35		Rating	PN 16	PN 16
36		Facing	FORM C	FORM C
37	Outlet conn.	Size	DN 40	DN 40
38		Rating	PN 16	PN 16
39		Facing	FORM C	FORM C
40	Spring Set	kPa(a)	1133	1751
41	Pressure			
42	Orif Area	Required mm <sup>2</sup>	30	44
43		Selected mm <sup>2</sup>	128	128
44	Manufacturer			
45	Model			
46	Add. information	Protected line	DN40	DN40
47		Relief line	DN40	DN40

Kuva 10. Varoventtiililuettelo.

## Kuristuslevyluettelot

Kuristuslevyillä pienennetään putken halkaisijaa, jotta virtaus muuttuisi. Kuristuslevy asennetaan kahden laipan väliin. Luettelossa listataan kaikki laitokselle asennettavat kuristuslevyt ja niiden suunnittelun liittyvät asiat. Putkistosuunnittelija tekee kuristuslevyistä työkuvat, joiden perusteella ne valmistetaan. Prosessisuunnittelu antaa tiedot kuristuslevyn sijainnista ja sen kuristusreiän halkaisijasta.

## Näytteenottoluettelot

Laitoksen prosesseista otetaan näytteitä, joita tutkitaan laboratorioissa. Näytteiden laboratoriotulosten perusteella voidaan laitoksen tuotantoa säädellä paremmaksi. Laitokselle suunnitellut näytteenottoaikat näkyvät näytteenottoluettelossa. Luettelosta selviävät näytteenottoaikaan positio, mahdolliset lisätiedot ja se missä PI-kaaviossa se esitetään.

## **Laitte- ja säiliösuunnittelu**

Laitesuunnittelu toimittaa putkiston suunnittelijalle alustavat mittapiirustukset tarvittavista laitteista, kuten säiliöistä, kolonneista, lämmönvaihtimista ja pumpuista. Työt voidaan aloittaa näillä piirustuksilla, mutta laitteiden mitoitus on täydellinen vasta, kun laitteiden toimittajilta saadaan lopulliset mittapiirustukset. Laitteiden mittapiirustuksien olennaisimmat tiedot ovat liitäntöjen tyypit ja niiden sijainnit sekä kuormitustiedot, hoitotasorakenteet ja päämitat. Laitesuunnittelu toimittaa myös varoventtiilien mittatiedot putkistosuunnitteluun. [25, s. 1.]

## **Instrumenttisuunnittelu**

Instrumentti- ja automaatio suunnittelu toimittaa putkistosuunnittelijalle mittakuvat hankkimistaan varusteista. Näitä ovat esimerkiksi säätöventtiilit, mittausinstrumentit ja toimilaitteet. Mittakuvien avulla putkistosuunnittelija pystyy ottamaan huomioon tilankäytön ja ylläpidon instrumenttien sijoituksessa. Instrumenttien sijoituksessa saattaa

olla myös erityispiirteitä, kuten esimerkiksi suorat putkiosuudet ennen virtausmittaria ja sen jälkeen. Putkistosuunnittelijan on hyvä käydä läpi nämä erityispiirteet instrumenttisuunnittelijan kanssa, mikäli riittäviä lähtötietoja ei ole tarjolla. [26, s. 15.]

## **Sähkösuunnittelu**

Sähkösuunnittelu toimittaa putkistosuunnittelulle lähtötietona kaapelikanavien tilantarpeen ja niiden mahdolliset sijainnit. Lisäksi sähkösuunnittelu antaa lähtötietoja laitokselle suunnitellusta muuntamosta. Se voi olla hyvinkin suuri, joten olennaisia tietoja ovat sen vaatima tilanvaraus sekä sijainti.

### 4.3.2 Laitetoimittajan lähtötiedot

Lopulliset mittakuvat saadaan laitetoimittajilta. Ne ovat hyvin olennaisia lähtötietoja putkistosuunnittelun kannalta, sillä niiden perusteella laitteiden liityntäpisteet mallinetaan oikeille kohdille. Laitteille on olemassa aina muitakin vaatimuksia niiden asennukseen, toimivuuteen, lämpölaajenemiseen, kavitaatioon, putkiston kuormitukseen ja ylläpitoon liittyen.

Putkistosuunnittelijan on oltava hyvin aktiivinen lähtötietojen hankkimisessa ja pyrittävä olemaan jatkuvasti yhteydessä laitesuunnittelijoiden kanssa. Usein laitteiden viralliset mittakuvat ovat saatavilla varsin myöhäisessä projektin vaiheessa. [26, s. 15.]

### 4.3.3 Asiakkaan lähtötiedot

Asiakkaan osuus lähtötietojen suhteen on hyvin merkittävä. Osan tiedoista putkistosuunnittelija saa asiakkaan hyväksyminä suunnitteluohjeina, tai niistä on sovittu asiakkaan kanssa sopimuksen kirjoitusvaiheessa. Lähtötietojen määrä voi olla hyvinkin vaihteleva. Myös kaikki vanhojen laitteiden ja putkistojen dokumentit ovat hyvin olennaisia.

Asiakas ei välttämättä aina tiedä, mitkä dokumentit ovat suunnittelijan kannalta olennaisia. Tämän vuoksi putkistosuunnittelija joutuu usein tiedustelemaan asiakkaalta lisää

tietoja vanhoista putkistoista, rakenteista, kannakkeista, laitteista, lämpösaatoista ja muista ylläpitoon sekä käyttöön liittyvistä asioista. Usein on helpompaa, kun suunnittelija itse menee laitokselle ja kerää tarvittavia lähtötietoja mittaamalla ja kyselemällä henkilökunnalta. On tärkeää myös kirjata lähtötiedot muistioihin, jotta niitä voidaan myöhemmin tarkastella. Ei ole kannattavaa jättää asiakkaan kanssa sovittuja lähtötietoja yhden ihmisen muistin varaan.

Ongelmia voi aiheuttaa asiakkaan puolesta kiireinen yhteyshenkilö, jolla ei ole riittävästi aikaa etsiä tarvittavia dokumentteja tai riittävästi tietämystä laitoksesta. Laitoksilla henkilökuntaa vaihtuu vuosien kuluessa ja vanhoja dokumentteja ei välttämättä aina löydy kovin helposti. Monesti suunnittelijan edessä voivat olla hyvinkin puutteelliset lähtötiedot, joiden perusteella suunnittelutyö olisi tehtävä. Uutta suunnittelutyötä aloitettaessa usein todetaan, kuinka tärkeä osa projektia on arkistoida dokumentit ja tehdä mahdolliset *As Built*-versiot putkistoista. [12, s. 3; 27, s. 2.]

#### 4.3.4 Spesifikaatiot

Spesifikaatiolla tarkoitetaan tarkkaa luetteloa materiaalin, tuotteen tai palvelun vaatimuksista. Yritykset määrittelevät omat spesifikaationsa, joiden avulla osoitetaan laatu-järjestelmän toteutuminen. NJ:ssä noudatetaan omia spesifikaatioita putkistosuunnittelussa. Näin varmistutaan PEDin olennaisten vaatimusten täyttymisestä ja suunnittelutyön yhdenmukaisuudesta. Kaikkiin projekteihin ei voida soveltaa omia spesifikaatioita, jolloin PEDin vaatimustenmukaisuus täytyy osoittaa muulla tavoin. Spesifikaatioita voidaan kuitenkin hyödyntää suunnittelussa. [24, s. 2.]

#### 4.3.5 Standardit

Putkistosuunnittelussa käytettävät standardit esitellään tarkemmin kappaleessa 3.3. Projektin alkuvaiheessa määritellään laitossuunnittelussa käytettävät standardit, joiden soveltamisen on määritellyt asiakas tai ainakin hyväksynyt ne. Ulkomaille tehtävissä projekteissa on tärkeää selvittää myös maakohtaiset standardit.

#### 4.3.6 Viranomaismääräykset

Putkistosuunnittelussa on huomioitava myös kansallinen lainsäädäntö ja Euroopan unionin alueella harmonisoitu painelaitedirektiivi. Eri direktiiveihin liittyy yleensä aina omat standardit. Näiden avulla voidaan osoittaa suunnittelun perustuvan kyseisen maan lainsäädäntöön ja direktiiveihin.

Luvussa 3.4 esitelty PED vaikuttaa putkiston suunnitteluun ja tarkastukseen vahvasti. Putkistosuunnittelija on yleensä yhteistyössä tarkastuslaitoksen kanssa putkiston vaatimustenmukaisuuden tarkastuksen yhteydessä. Tarkastuslaitos voi vaatia erilaisia muutoksia putkistoon tai tarkennuksia suunnitelmiin.

NJ:n ohjeet, spesifikaatiot ja standardit perustuvat kansallisiin ja kansainvälisiin standardeihin, suunnitteluohjeisiin sekä viranomaisten vaatimuksiin. NJ voi toimia tarkastajana Neste Oilin projekteissa, jolloin ilmoitettu laitos valvoo laatu järjestelmän noudattamista. Toisille asiakkaille ja ulkomaille tehtävissä projekteissa tarkastajana toimii kolmas osapuoli.

Ulkomaille tehtävissä projekteissa käytetään usein kohtemaan standardeja, ja niissä on hyvä olla yhteydessä paikalliseen tarkastuslaitokseen jo hyvissä ajoin. Tarkastuslaitos saattaa projektin loppuvaiheessa vaatia erilaisia asioita, joihin oltaisi voitu varautua selvittämällä asioita aiemmin. [12, s. 4; 28, s. 4.]

#### 4.3.7 Perussuunnittelun dokumentit

Perussuunnitteluvaiheessa on jo tehty suunnitelmia ja arvioita putkiston reititysten sekä rakennuksien ja laitteiden sijoitusten suhteen. Putkistosuunnittelijalla tulisi olla käytössään arvioidut putkimäärät, eristykset, viemäroinnit, palovesiputkistot, höyrysaatot, turvasuihkuputkistot, purkutyöt, teräsmäärät, nosturit ja hissit sekä laite-eristykset. Putkistosuunnittelijan tulee käyttää näitä dokumentteja lähtötietona toteutussuunnitteluvaiheessa. Kaikki dokumentit ovat tässä vaiheessa AFD-tasoisia dokumentteja.

Perussuunnittelun dokumentteja ei aina kuitenkaan ole käytettävissä, jolloin toteutus-tapa on määriteltävä projektikohtaisesti. On kuitenkin mahdollista määritellä toteutus-vaiheen minimilaaajuus, joka suunnitteluvastaavan tulisi vähintään saada:

- Kustannustavoitteet
- Laatuavoitteet
- Aikataulut
- Virtaus- ja PI-kaaviot
- Laite- ja putkiluettelot
- Sijoitussuunnitelmat
- Projektispesifikaatiot
- Massa- ja materiaaliarviot
- Päärakenteiden rakennustapavalinnat. [29, s. 12 - 18.]

#### 4.3.8 Laserkeilaus

Laserin avulla voidaan luoda olemassa olevasta laitoksesta pistepilvi ja sitä kautta 3D-malli tietokoneelle. Menetelmää kutsutaan laserkeilaukseksi, ja sen avulla saavutetaan merkittäviä säästöjä ajallisesti ja saadaan dokumentit hyvin tarkasti vastaamaan todellisuutta. Laserkeilaus on kätevä menetelmä etenkin korjausrakentamisessa. Suomessa toimii monia laserkeilaukseen erikoistuneita yrityksiä. Mittausteknologiaa kehitetään jatkuvasti ja lähitulevaisuuden visiona on pystyä luomaan valmiit mitoitettut piirustukset ilman uudelleenmallinnusta.

Laitoksesta saadaan pilvimalli aikaan noin viikossa, riippuen laitoksen koosta. Mittaus tapahtuu kappaletta koskettamatta, joten se soveltuu myös vaarallisiin olosuhteisiin. Mittaus tehdään lasersäteiden avulla, jotka mittaavat etäisyyden ja kulman perusteella X-, Y- ja Z-koordinaatit. Mittausta häiritsevät esimerkiksi lumisade, heijastavat pinnat tai liian alhaiset lämpötilat. Pistepilven laatu riippuu aina mittaustiheydestä.

[30, s. 55 - 65.]

## **5 Putkistosuunnittelun antamat lähtötiedot toteutusprojektissa**

### 5.1 Määritelmä

Putkistosuunnittelun toteutusvaiheessa tuotetaan lähtötietoja muille suunnitteluosastoille. Varsinkin projektin alussa on tärkeää välittää kiireellisimmät lähtötietodokumentit seuraaville suunnitteluosastoille. Liitteessä esitetään putkistosuunnittelun rajapinnat kaavion muodossa ja tarvittavat dokumentit. Putkistosuunnittelun antamien lähtötietojen perusteella luodaan yksityiskohtaiset piirustukset laitoksen rakennuksista, perustuksista, teräsrakenteista, hoitotasosta, sähköistyksistä, laitteista ja ilmanvaihtojärjestelmistä. Lähtötietojen antaminen seuraavalle suunnitteluosastolle edellyttää tiivistä yhteistyötä kyseisten suunnittelijoiden välillä. [26, s. 14; 31, s. 1.]

### 5.2 Rakennussuunnittelun lähtötiedot

Toteutussuunnittelun alkuvaiheessa putkistosuunnittelu antaa rakennussuunnittelulle useita lähtötietoja. Ne liittyvät pääasiassa laitoksen rakenteisiin, rakennuksiin ja maanalaisiin putkistoihin. Näiden lähtötietojen perusteella rakennussuunnittelu laatii yksityiskohtaiset piirustukset perustuksista ja rakenteista. Seuraavaksi esitellään tärkeimmät putkistosuunnittelun laatimat rakennussuunnittelun lähtötiedot.

#### 5.2.1 Perustusten mitta- ja kuormitustiedot

Laitteiden tai rakenteiden asennus vaatii lähes aina perustuksien tekemistä laitokselle. Rakennussuunnittelu laatii aina työkuvat perustuksista putkistosuunnittelun antamien lähtötietojen perusteella. Lähtötietoja varten NJ on laatinut lomakkeita (NP3-16895...16900), joihin putkistosuunnittelija voi syöttää tietoja perustuksesta. Perustussuunnittelun olennaisia tietoja ovat perustukseen kohdistuvat kuormitukset eli voimat ja momentit sekä perustuksen sijainti ja tarvittaessa perustuksen mitat.

Laitteiden kuormitustiedot ovat laitetoimittajan mittakuvassa. Putkistosuunnittelija voi myös mitoittaa perustuksen, jos sen sijoituspaikan tilankäyttö on rajallinen, kuten esimerkiksi pumppujen perustusten usein on. Mikäli laite sijaitsee tasolla, täytyy tasolle määritellä kuormitustiedot.

Rakenteiden perustusten sijainnit saadaan putkistosuunnittelulta, mutta niihin vaikuttavat kuormitukset saadaan yleensä teräsrakennesuunnittelijalta. Kuormituksia on syytä tarkastella myös suunniteltaessa erittäin raskaiden putkistojen kannatuspalkkien perustuksia. [31, s. 1.]

### 5.2.2 Rakennuksien päämittatiedot

Laitokselle tulevien rakennusten lähtötietoina rakennussuunnittelulle toimivat päämit-tapiirustukset. Rakennusten suunnitteluun liittyy myös muita asioita, kuten ilmanvaihto-järjestelmät ja seinien eristykset. Putkistosuunnittelijan on hyvä sopia näistä asioista aina tapauskohtaisesti, jotta suunnittelussa voidaan huomioida tarvittava tilanvaraus. Varsinkin ilmanvaihtokanavien reititys kannattaa ottaa huomioon putkiston mallinnus-vaiheessa, sillä ne ovat kooltaan suuria. Näin vältetään törmäyksiltä rakennusvaihees-sa.

### 5.2.3 Sijoituspiirustukset

Putkistosuunnittelu laatii laitoksesta lähtötiedoiksi sijoituspiirustuksia, joihin kootaan rakennussuunnittelun tueksi olennaisia asioita. Siinä esitetään laitteiden, rakennuksien, rakenteiden, perustusten, maanalaisten putkistojen ja kannakkeiden sijainnit. Yleensä laaditaan kaksi sijoituspiirustusta.

Laitesijoituspiirustuksessa (*Plot-Plan*) kaikki laitteet, rakenteet, rakennukset ja putki-kannakkeet esitetään ääriivoin ja niiden sijainnit mitoitettuna.

Perustusten ja maanalaisten putkistojen sijoituspiirustuksessa (*Yard-Plan*) esitetään kaikki laitokselle rakennettavat perustukset ja niiden anturat. Lisäksi siinä esitetään kaikkien maanalaisten putkistojen, viemärien ja kaivojen sijainnit mitoitettuna. Sijoitus-



piirustuksessa on huomioitava maanalaisten putkistojen yli ajaman liikenteen aiheuttamat kuormat ja putkiston routasuojaukset. [31, s. 1.]

#### 5.2.4 Muut lähtötiedot

Putkistosuunnittelu laatii myös muita lähtötietopiirustuksia, kuten läpiviennit, tartunnat ja *table-topit*. Läpiviennillä tarkoitetaan tasojen läpi kulkevien putkien sijoitusten määrittelyä ja vaadittavien reikien mitoittamista. Tartunnalla tarkoitetaan laitteesta tai säiliöstä tuettavan rakenteen tukien sijoitusten määrittelyä. Tartuntoja on esimerkiksi kolonneissa, jotka ovat korkeita laitteita. Kolonneissa on usein segmenttitasoja, jotka tuetaan kolonnin kyljestä. *Table-toppeilla* tarkoitetaan laitteelle tai säiliölle valmistettavaa betonirakenteista kehää, jonka tason päälle laite asennetaan. *Table-topin* tarkoituksena on saada laite korkeammalle, jotta sen toimivuus olisi oikeanlainen. [26, s. 16.]

### 5.3 Teräsrakennesuunnittelu

Teräsrakenteita ovat laitoksella esimerkiksi hoitotasot, kannakkeet, tikkaat, portaat ja putkisillat. Teräsrakennesuunnittelu tekee edellä mainituista työpiirustukset putkistosuunnittelun antamien lähtötietojen perusteella ja toimittaa perustuksien kuormitustiedot putkistosuunnittelulle sekä rakennussuunnittelulle.

Teräsrakennesuunnittelu toteutetaan yleensä hyvin samanaikaisesti putkistosuunnittelun kanssa. Teräsrakenteita käytetään laitosten suunnittelussa runsaasti, mikä on seurausta teräksen hyvistä ominaisuuksista koon, lujuuden ja liittämisen suhteen. [26, s. 14.]

Lähtötietoja voidaan teräsrakennesuunnittelijalle antaa monella tapaa. Putkiston kannatuksen teräsrakennesuunnittelussa on suositeltavaa antaa putkiston 3D-malli lähtötietona. Teräsrakennesuunnittelija pystyy kyseisen mallin avulla suunnittelemaan teräsrakenteet putkistosuunnittelijan määrittelemien kannakkeiden kohdalle. Putkistosuunnittelija taas voi lisätä teräsrakennemallin oman mallinsa taustalle, jolloin välttyään törmäyksiltä.

Putkisiltojen, tasojen ja kulkuyhteyksien teräsrakennesuunnittelun lähtötietoina ovat usein niiden päämittapiirustukset. Edellä mainittujen rakenteiden terästen suunnittelussa voidaan myös hyödyntää 3D-mallin vaihtamista putkistosuunnittelijan kanssa.

#### 5.4 Laite- ja säiliösuunnittelu

Putkistosuunnittelu saa laitesuunnittelulta alustavat luonnokset laitteista, jolloin niiden rakenteeseen voidaan vaikuttaa luonnoksia kommentoimalla. Putkistosuunnittelija voi vaikuttaa esimerkiksi putkiston liitännäspisteiden, jalkojen tai hoitotasojen korvakkeiden sijainteihin laitteissa. Laitteisiin voidaan myös kiinnittää putkiston kannatuksia, joihin myös luonnoksessa on hyvä ottaa kantaa. Laitteisiin myös kohdistuu putkiston takia voimia, jotka on hyvä huomioida suunnittelussa. Laitteyhteille kohdistuvat voimat täytyy ilmoittaa laitesuunnittelulle, jos ne ylittävät NJ:n määrittelemät arvot. [31, s. 2.]

#### 5.5 Sähkösuunnittelu

Putkistosuunnittelu laatii laitoksesta tasopiirustuksen, johon on sijoitettu kaikki laitteet ja hoitotasot. Sähkösuunnittelu sijoittaa tähän tasopiirustukseen kaapelihyllyt ja kenttäkotelot sekä suunnittelee laitoksen valaistuksen. Putkistosuunnittelun on kuitenkin hyvä keskustella jo suunnittelun alkuvaiheessa sähkösuunnittelun kanssa mahdollisista tilanvarauksista kaapelihyllyille, esimerkiksi putkisiltarakenteisiin. Lisäksi on hyvä käydä läpi mahdolliset kenttäkotelot, jotka laitokselle asennetaan, niiden tilanvarauksen kannalta.

Putkiston lämpösaatto voidaan toteuttaa sähkökaapeleiden avulla. Putkistosuunnittelu toimittaa sähkösuunnittelulle isometriset piirustukset sähkösaattavista putkilinjoista mahdollisimman varhain. Isometristen putkistopiirustusten avulla sähkösuunnittelija laatii kaapeleiden reitityksen ja tekee kaapelitilaukset. [31, s. 2; 26, s. 15.]

## 5.6 Instrumenttisuunnittelu

Putkistosuunnittelu antaa lähtötietona instrumenttisuunnittelulle instrumenttien sijainnit sekä mahdolliset kenttäkoteloiden sijoituspaikat. Lähtötietojen perusteella instrumenttisuunnittelu suunnittelee kaapeloinnit instrumenteille. Lisäksi putkistosuunnittelu antaa lähtötietona toimilaitteellisten venttiilien asennussuunnat, jotka vaikuttavat toimilaitteen asennukseen.

## 5.7 Dokumenttien kommentointi

Putkistosuunnittelu antaa dokumentteja kommentoitavaksi eri suunnitteluosastoille, asiakkaalle ja urakoitsijalle. Näin suunnitelmiin saadaan jokaisen tahon näkemykset ja varmistus. Täten varmistetaan, että suunnitelmat vastaavat heidän antamiensa lähtötietojen vaatimuksia. Sijoituspiirustukset ovat erityisen tärkeitä dokumentteja kommentoinnin kannalta, koska asiakas voi vielä tässä vaiheessa suhteellisen helposti ottaa kantaa tulevan laitoksen laitteiden ja rakennusten sijoitukseen. Myös toteutus-, rakennus- ja sähkösuunnittelu kommentoi sijoituspiirustukset. Maanalaisten putkistojen ja rakenteiden sijoituspiirustukset kommentoi asiakas ja rakennussuunnittelu. Laitesijoituspiirustuksen kommentoi lisäksi prosessisuunnittelu ja projektipäällikkö.

Suurimpien rakenteiden perustukset vaativat yleensä kommentointia asiakkaalta, ja kaikki perustukset vaativat kommentointia rakennussuunnittelulta. Taso- ja leikkauspiirustukset kommentoi sekä asiakas että sähkö- ja instrumenttisuunnittelu. Isometriset putkiston asennuspiirustukset kommentoi instrumentti- ja prosessisuunnittelu sekä asiakas. Instrumenttisuunnittelu kommentoi lisäksi virtausmittauskohdat ja analysaattoriputkistot. Asiakas kommentoi lisäksi vanhoihin laitoksiin tehtävistä liitännöistä tehtävät liitännämäärittelyt sekä purkumäärittelyt. [32, s.1 - 2.]

## 6 Putkistosuunnittelun tuottamat dokumentit toteutusprojektissa

Putkistosuunnittelun tuottamia dokumentteja on olemassa runsaasti. Dokumentit on lueteltu NJ:n ohjeessa QD21632: Liite 1. Ne voidaan jakaa sellaisiin dokumentteihin, jotka tehdään pääsääntöisesti kaikissa projekteissa ja sellaisiin, jotka tehdään vain tarvittaessa. Projekteihin liittyy suunnittelulle erilaisia rajoituksia, jotka määrittelevät dokumenttien määrän ja tarpeen. Dokumentin tarpeen määrää lähes aina sen sisällön esiintyminen laitoksella. Esimerkiksi maanalaisiin putkistoihin liittyviä dokumentteja ei luoda, mikäli maanalaisia putkistoja ei laitokselle rakenneta. Seuraavassa esitellään dokumentit, jotka tuotetaan pääsääntöisesti kaikissa projekteissa.

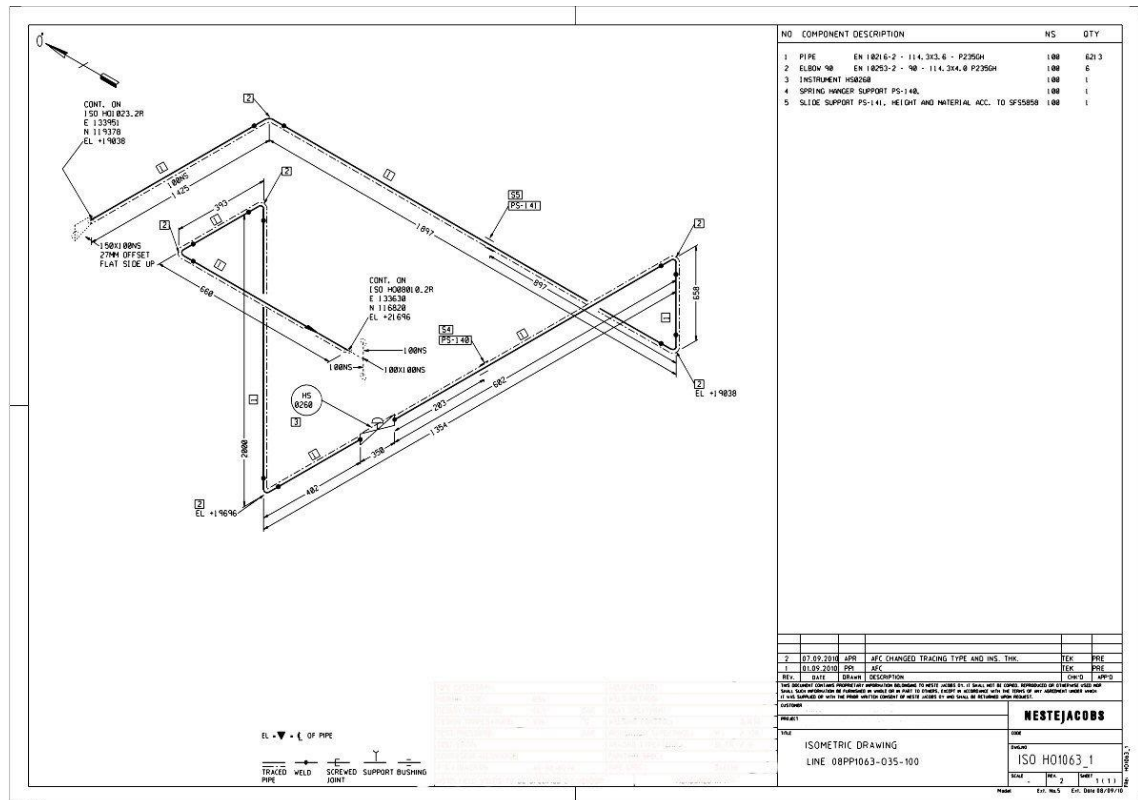
### 6.1 Putkistoisometrit

Putkistoisometri on piirustus (kuva 11), jolla kuvataan asennettavan putkiston osuus avaruudessa yläviistosta katsottuna. Isometristen piirustusten luominen on ajallisesti hyvin merkittävä osa projektin putkistosuunnittelun toteutusta. Toisaalta, mikäli laitosuunnitteluohjelmiston käyttämä tietokanta on ajan tasalla, itse piirustusten generointi 3D-mallista on melko vaivatonta. Isometrisiä putkistopiirustuksia on yleensä melko paljon, koska ne ovat yksityiskohtaisia piirustuksia ja niissä on paljon tietoa.

Isometrisessä putkistopiirustuksessa esitetään kaikki putkiston osat ja varusteet täydellisesti mitoitettuna. Piirustuksesta selviää putkiston sijainti koordinaatein ja se mihin isometreihin tai laitteisiin se liittyy. Lisäksi isometrisessä piirustuksessa ilmoitetaan putkiston suunnitteluarvot, eristystyypit ja -vahvuudet sekä lämpösaattotapa. Isometrisessä piirustuksessa ilmoitetaan myös putkiluokka ja PI-kaavio, josta linja löytyy. Piirustuksissa on myös kenttä, johon syötetään piirustuksen tekijän, tarkastajan ja hyväksyjän tunnukset. Mikäli piirustusta muokataan, kenttään kirjoitetaan mitä ja milloin muutettiin ja kuka muutokset teki.

Mikäli laitoksella on purettavaa putkistoa, voidaan joutua tekemään myös purkuisometrejä. Lisäksi lämpösaatoista tehdään isometriset piirustukset. Sähkösaattavat isometrit annetaan lähtötietona sähkösuunnittelulle. Höyrysaattavista putkistoista piirretään

erilliset höyrysaattoisometrit. Näihin merkitään höyrysaattolinjan kiertoireitit sekä höyrytukin numero ja liitännän numero. [24, s. 7; 27, s. 5.]



Kuva 11. Isometrinen putkiston asennuspiirustus

## 6.2 Taso- ja leikkauskuvat

Tasopiirustuksissa esitetään kaikki prosessialueen putkistot, laitteet ja rakennukset ylhäältä päin katsottuna. Leikkaustasokuvia tehdään eri korkeuksista, jotta myös päällekkäiset putkistot pystytään esittämään tasokuvina. Lisäksi tehdään leikkauskuvia sivuttaissuunnassa. Niiden avulla selvennetään esimerkiksi laitteisiin liittyvää putkistokokonaisuutta.

Taso- ja leikkauskuvat ovat täsmällisiä piirustuksia, joten niiden tulee vastata isometriä piirustuksia. Tasokuvissa esitetään putkilinjojen tunnuksat ja korkeudet sekä mitoitetaan putkistojen etäisyydet toisistaan tai rakenteista. Lisäksi piirustuksissa ilmoitetaan virtaavien aineiden tunnuksat sekä liittyvät leikkauspiirustukset. Piirustuksissa esitetään myös kaapelihyllyt ja ilmastointikanavat sekä kaikki muut rakenteet. [24, s. 6; 33, s. 4.]

### 6.3 Työmäärittelyt

Putkistosuunnittelu tuottaa myös työmäärittelyitä toteutusprojektissa. Työmäärittelystä selviää asennus- tai rakennuskohteen työn laajuus sekä työn suorittamisessa käytettävät dokumentit ja spesifikaatiot. Työmäärittelyn sisältö riippuu projektin koosta. Pienemmissä projekteissa voidaan työmäärittelyyn sisällyttää useampia työlajeja. Työmäärittelyn ensimmäinen revisio annetaan urakoitsijalle arvioitavaksi ennen toteutusta ja toinen urakan toteutusvaiheessa. Työmäärittelyistä pyritään tekemään mahdollisimman kattavia, jotta niissä olisi huomioituna kaikki työhön liittyvä. [34, s. 1.]

### 6.4 Materiaalienhallinta

Materiaalitietojen tarkkuus riippuu projektin vaiheesta ja sen luonteesta. Projektin alkuvaiheessa materiaaleista tehdään yleensä suuntaa antava kustannusarvio. Putkistosuunnittelija laatii arvion alustavien putkireittien perusteella ja pyrkii sisällyttämään siihen kaikki tarvittavat varusteet, joita putkiston asennus vaatii. Kustannusarvio laaditaan yleensä hieman yläkanttiin, koska putkireitit eivät ole lopullisia ja muutoksia voidaan olettaa ilmaantuvan suunnittelun tarkentuessa.

Projektin toteutusvaiheen alussa putkistomateriaaleista tehdään ennakkovaraus ja siinä huomioidaan materiaalit, joiden toimitusajat ovat pitkiä. Putkistomateriaalien ennakkovaraus tehdään PI-kaavion ja laitesijoituspiirustuksen perusteella. Laitosinvestointiprojekteissa on materiaalienhallinta pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi putkistosuunnittelijan kannalta. Materiaalitiedot generoidaan automaattisesti laitoksen 3D-mallista, josta saadaan varsinainen materiaalivaraus. Materiaalitietojen automaattinen generointi vaatii, että kaikki komponentit ovat tietokonemallissa. Mikäli suunnittelutyö tehdään ilman suunnittelujärjestelmää, materiaalivarausten tekee suunnittelija.

[35, s. 2 - 4.]

## 6.5 Piirustusluettelot

Laitosinvestointien suunnittelussa tuotetaan hyvin paljon dokumentteja, joten niiden hallinnassa käytetään luetteloita. Luettelossa on mainittu jokaisen piirustuksen viimeisin revisiomerkinä ja mikä on dokumentin taso. Luettelossa voidaan ilmoittaa muitakin tietoja. Isometriluettelossa esimerkiksi mainitaan usein eristysvahvuus ja saattotapa.

## 6.6 Tarkastukseen liittyvät asiakirjat

### Suunnitelmavakuutus

NJ vakuuttaa suunnitelmavakuutuksella, että putkistosuunnittelu on tehty painelaitemääräysten mukaisesti. Siinä esitellään suunnittelussa käytetyt standardit ja spesifikaatiot. Lisäksi suunnitelmavakuutuksessa esitellään vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely. Mikäli NJ ei ole valmistaja, se ei tee lopputarkastusta eikä anna vaatimustenmukaisuusvakuutusta.

### Lopputarkastuspöytäkirja

Putkiston tarkastuksesta tehdään pöytäkirja. Sillä varmistetaan, että putkistolle on suoritettu PED:n ja NJ:n spesifikaatioiden mukainen tarkastus. Lisäksi lopputarkastuspöytäkirjassa putkiston todetaan vastaavan suunnitelmia.

### Vaatimustenmukaisuusvakuutus

NJ vakuuttaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksella, että kyseisen putkiston suunnittelussa on käytetty mainittua painelaitedirektiivin moduulia ja NJ:n ISO9001:n mukaista laatujärjestelmää. Lisäksi putkiston tarkastukset on tehty NJ:n ohjeiden ja painelaitedirektiivin mukaisesti. [28, s. 4 - 7.]

## 7 Päätelmät

Selvityksen perusteella voidaan todeta, että putkistosuunnittelulla on suuri merkitys laitosinvestointiprojektissa. Voidaankin sanoa putkistosuunnittelun olevan lähes aina projektiaikataulun kriittisellä polulla. Tästä johtuen lähtötietojen saatavuuden merkitys korostuu putkistosuunnittelussa. Ideaalitulanteessa lähtötietojen hankintaan käytetyn työajan ei pitäisi vaikuttaa putkistosuunnittelun tehokkuuteen tai laatuun. Suunnitteluosastojen tulisi huolehtia lähtötietojen välittämisestä aikataulun mukaisesti. Lisäksi tulisi pyrkiä kerralla mahdollisimman lopullisiin suunnitelmiin.

Ideaalitulannetta yrityksissä pystytään tuskin saavuttamaan, mutta siihen voidaan pyrkiä. Työn aikana kävi ilmi, ettei projekteja voida viedä läpi ilman eri suunnitteluosastojen tiivistä yhteistyötä. Tämä korostuu erityisesti putkistosuunnitteluvaiheessa, jolloin ns. "palapelin" palat kootaan yhteen ja laitos alkaa konkreettisesti hahmottua tietokonemalliksi.

Myös suunnittelun rajapinnat osoittautuivat hyvin olennaisiksi. Niiden tulisi olla ehdottoman selviä suunnittelutoimiston, laitetoimittajan ja asiakkaan välillä. Suunnittelussa on otettava huomioon kaikkien osapuolten vaatimukset laitoksen suhteen. Riittävän selkeästi rajapinnat esittävän dokumentaation luominen ei ole osoittautunut aivan helppoksi ja sitä joudutaan lähes aina revisioimaan. Toisaalta dokumentaatio, josta rajapinnat ovat selkeästi nähtävissä, säästää kaikkien osapuolten työaikaa. Lähtötietodokumentit olisi kannattavaa laatia kerralla mahdollisimman selkeiksi ja kattaviksi.

Työssä tuli myös vahvasti esille projektien erilaisuus ja sen vaikutus lähtötietojen hankintaan, laatuun ja määrään. Vanhojen laitosten laajennus-, korjaus- tai muutostyöt ovat varmasti hankalimpia tapauksia, etenkin jos saatavilla ei ole riittävän hyviä dokumentteja. Yleensä tällaisissa tilanteissa on lähtötiedot itse hankittava laitokselta ja luonnosteltava tarvittavia teräksiä tai putkistoja. Erittäin hyvät mekaaniset lähtötiedot saadaan myös laserkeilauksen avulla, ja menetelmä on todella kilpailukykyinen verrattuna tavalliseen mittaamalla tuotettuun dokumentaatioon.



Laserkeilaus kuitenkin antaa tiedot vain putkiston ulkokuoresta eli eristyksen pinnasta. Eristyksen sisään jäävä osuus selviää, mikäli laitoksesta löytyy riittävän hyvä dokumentaatio.

Suunnittelijan kokemus vaikuttaa luonnollisesti suunnittelun tehokkuuteen. Vankan kokemuksen putkistosuunnittelusta omaava suunnittelija pystyy varmasti tekemään suunnittelutyötä myös puutteellisimmilla lähtötiedoilla. Puutteelliset lähtötiedot tosin vaikeuttavat suunnittelua ja monesti suunnitelmista tulee alustavia. Suunnitelmia voidaan myöhemmin tarkentaa niiltä osin, joista ei ollut riittäviä lähtötietoja.

Laitokseen liittyvistä asioista sovitaan yleensä asiakkaan kanssa, ja siksi on erittäin tärkeää tuoda nämä asiat kaikkien suunnittelijoiden tietoon. Ei ole kenenkään edun mukaista selvittää asioita useaan kertaan asiakkaan kanssa, ja siksi suullisesti sovitut lähtötiedot tulisi dokumentoida. Asiakkaan kanssa sovitut asiat eivät myöskään saisi olla yhden henkilön muistin varassa. Avainhenkilön poistuessa projektista on monet asiat muuten selvitettävä uudestaan ja kertaalleen sovittuja asioita ei osata huomioida suunnittelussa.

Kaikkien osapuolten kesken järjestettävien suunnittelukokouksien merkitystä ja säännöllisyyttä projektin aikana ei pidä väheksyä. Niiden avulla varmistetaan, että kaikki saavat viimeisimmät tiedot projektin vaiheista. Samalla voidaan jakaa viimeisimmät revisiot dokumenteista. Projektin alussa on tärkeää myös kertoa hieman projektin kohteesta ja siitä mitä laitoksella valmistetaan. Näin kaikki suunnittelutyöhön osallistuvat pystyvät ymmärtämään paremmin laitoksen toimintaa ja kokonaisuuden käsittäminen edesauttaa suunnittelutyötä jatkossa.

On selvää, että lähtötietojen järjestelmällisellä käsittelyllä ja jakamisella osapuolten kesken saavutetaan tehokkaampi suunnitteluorganisaatio. Sen saavuttaminen vaatii lähtötietojen välittämistä ajallaan seuraaville suunnittelualoille, jotta projektin aikataulu pystytään toteuttamaan. Puutteelliset lähtötiedot vaikuttavat suoraan suunnittelun tehokkuuteen, mutta niitä voidaan paikata tiiviillä yhteistyöllä projekteissa. Suunnittelun kannalta kattavien lähtötietojen luominen ei ole helppoa, ja siksi yhteistyön organisaatiossa on oltava mutkatonta.

## Lähteet

- 1 Sherwood, David & Whistance, Dennis. 1976. The 'Piping Guide'. San Francisco: Syentek Books Company Inc.
- 2 Hämäläinen, Jukka. 2008. Teollisuusputkistojen suunnittelu 2008 (V064423/1): Putkistosuunnittelu pähkinänkuoressa. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 3 Holmes, Ernest. 1973. Handbook of Industrial Pipework Engineering. Maidenhead, England: McGraw-Hill Book Company(UK) Limited.
- 4 Talvio, Riitta. 2006. Elomatic Paper & Mechanical: Oppia ikä kaikki. CADiNEWS, 2/2006, s. 12 - 13.
- 5 Mäkelä, Antti. 2008. SmartPlant 3D:n laitteiden ja putkiston mallinnusohje. Neste Jacobs Ohje.
- 6 Pajuniemi, Kristian. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet (H053001/5): Teollisuusputkistot: Olemassaolevat standardit ja niiden hyödyntäminen. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 7 Hämäläinen, Jukka. 2008. Teollisuusputkistojen suunnittelu 2008 (V064423/2): Metalliset Teollisuusputkistot SFS-EN 13480. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 8 Joronen, Olli-Pekka. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet (H053001/4): PSK-Putkiluokat. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 9 About ASME. 2010. Verkkodokumentti. ASME. <<http://www.asme.org/about/>>. Luettu 15.11.2010.
- 10 Vikström, Liisa. 2008. Standardointi. Neste Jacobs Laatuohje QC10005.
- 11 GE Global Asset Protection services. GAP.2.5.2-standardi.
- 12 Hovi, Kari. 1997. Laitossuunnittelun lähtötiedot. Suunnitteluohje 20A-TS1. Rintekno Oy.
- 13 Painelaitteet. 2010. Verkkodokumentti. TUKES. <<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Painelaitteet/>>. Luettu 15.11.2010.
- 14 Orava, Tuomo. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet (H053001/3): Putkiluokat PED:n mukaan ja niiden vaatimukset. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 15 Painelaitestandardit. 2006. Verkkodokumentti. Suomen Standardisoimisliitto SFS. <[www.metsta.fi/adds/esite/ped.pdf](http://www.metsta.fi/adds/esite/ped.pdf)>. Luettu 20.12.2010.
- 16 Blomberg, Teuvo. 2008. Teollisuusputkistojen suunnittelu 2008 (V064423/3): Painelaitte- ja kemikaalisäädökset putkistosuunnittelussa. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 17 Pajuniemi, Kristian. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet (H053001/14): Teollisuusputkistot: Sijoitus. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 18 Lindgren, Esa. 2002. Selvitykset. Neste Jacobs Laatuohje QB101.
- 19 Lindgren, Esa. 2008. Perussuunnittelu. Neste Jacobs Laatuohje QB102.

- 20 Poikkeamatarkastelu. 2002. Verkkodokumentti. VTT.  
<[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/alarp/aineisto/hazop\\_ohje.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/alarp/aineisto/hazop_ohje.pdf)>. Luettu  
10.11.2010.
- 21 Hyvönen, Jorma. 2006. Toteutusprojektit. Neste Jacobs Laatuohje QB103.
- 22 Airaksinen, Aimo. 2002. Investointiprojektin läpivienti (I323601/9):  
Suunnitteluvaihe. Luentokansio. Hämeenlinna: AEL.
- 23 Nystèn, Christer. 2002. Investointiprojektin läpivienti (I323601/10):  
Hankinta ja toimitusvalvonta. Luentokansio. Hämeenlinna: AEL.
- 24 Kiiski, Arto. 2009. Putkiston suunnitteluspesifikaatio H101. Neste Jacobs  
Spesifikaatio.
- 25 Sipiläinen, Hannes. 2008. Layout ja putkistosuunnittelun lähtötietojen  
hankinta. Neste Jacobs Laatuohje QD21604.
- 26 Jaatinen, Taisto. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet  
(H053001/13): Venttiilien ja varusteiden sijoitus. Luentokansio. Helsinki:  
AEL.
- 27 Pietiläinen, Lauri. 2008. Teollisuusputkistojen suunnittelu 2008  
(V064423/13): Tehdassuunnittelun asiakirjat – Tilaajan näkökulma.  
Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 28 Kortelainen, Olli. 2010. Säädösten edellyttämät vakuutukset. Neste  
Jacobs Laatuohje QC10097.
- 29 Leivo, Mika. 2008. Putkistosuunnittelu. Neste Jacobs Laatuohje QC10015.
- 30 Lähdeniemi, Henri. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet  
(H053001/16): Toteutuksen suunnittelu. Luentokansio. Helsinki: AEL.
- 31 Sipiläinen, Hannes. 2008. Lähtötietojen välittäminen muille  
suunnittelualoille. Neste Jacobs Laatuohje QD21605.
- 32 Öhman, Stig. 2008. Layout ja putkistosuunnittelun  
tulodokumenttiluettelo. Neste Jacobs Laatuohje QD21632 Liite 1.
- 33 Vakker, Guido. 2009. Putkistorakenteiden suunnittelun perusteet  
(H053001/7): Putkiston taso- ja leikkauspiirustukset. Luentokansio.  
Helsinki: AEL.
- 34 Salminen, Jorma. 2002. Työmäärittelyt. Neste Jacobs Laatuohje  
QD21628.
- 35 Knuuti, Tapio. 2008. Materiaalien hallinta projekteissa ja työtilauksissa.  
Neste Jacobs Laatuohje QD21609.

## Layout ja Putkistosuunnittelun kautta kulkevat lähtötiedot

